

**Evaluación de Morfología en Agregados Para Elaboración de Concreto Hidráulico
Empleado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado**

Santiago Escobar Espinosa

Diego Alexander Ospina Zarate

Docente:

Joan David Galeano Avendaño

Curso:

Trabajo De Grado

Universidad Piloto De Colombia

17 de octubre del 2025

**Evaluación de Morfología en Agregados Para Elaboración de Concreto Hidráulico
Empleado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado**

Santiago Escobar Espinosa

Diego Alexander Ospina Zarate

Docente:

Joan David Galeano Avendaño

Curso:

Trabajo De Grado

Programa:

Gerencia De Proyectos

Universidad Piloto De Colombia

Bogotá D, C.

17 de octubre del 2025

Agradecimientos

Yo Santiago Escobar expreso mis agradecimientos a mis padres: Doris y Santiago, quienes me han brindado su apoyo incondicional en todo momento. A la maestría de Gerencia de Proyectos de la Universidad Piloto de Colombia. CONCREMACK S.A.S. Al ingeniero Juan Manuel Perdomo, DUEÑO DE CONCREMACK, al ingeniero Luis Enrique Jaramillo, GERENTE GENERAL, al ingeniero Arley Gualteros Moreno, PROFESIONAL DE CALIDAD, a José Gabriel Quiroga Pérez PROMOTOR COMERCIAL; quienes me orientaron para emprender la investigación del proyecto, al ingeniero Mario Elver Becerra Segura, gerente de MEBS CONSTRUCCIONES, Edgar Nieto Umaña, GERENTE GENERAL METEORO, a los funcionarios de las instituciones quienes contribuyeron con sus conocimientos y aportes. A los ingenieros Manuel Antonio Lascarro, Mauricio García Jaramillo, Diego Jaramillo Porto, directivos de la Cámara Colombiana de Cemento y concreto “PROCEMCO”.

Yo Diego Ospina quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que, de alguna manera, hicieron posible la realización de este trabajo y que han sido pilares fundamentales en este camino. En primer lugar, a mis queridos abuelos, cuyos valores, sacrificio y amor incondicional durante mi crianza fueron la base sobre la cual he construido mi vida y mi perseverancia. Su ejemplo de fortaleza y bondad siempre ha sido mi guía. A mi adorada madre, quien no solo me dio el regalo de la vida, sino que, con su esfuerzo incansable y su apoyo inquebrantable, me enseñó a luchar por mis sueños y a nunca rendirme. Este logro es tan tuyo como mío. Mi profundo agradecimiento al profesor Joan David Galeano Avendaño, cuyo rigor académico, valiosas orientaciones y paciencia infinita fueron faros indispensables durante este proceso. Sus críticas constructivas y su constante aliento enriquecieron enormemente este proyecto. A la empresa Concremack, por la confianza que depositaron en mí al brindarme la

oportunidad profesional que sirvió como semilla para esta investigación, y por facilitar los recursos necesarios para llevarla a cabo. Por último, pero no menos importante, a mi esposa y a mi hijo. A mi esposa, por ser mi compañera de vida, por su amor, su comprensión en los momentos de estrés y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Y a mi hijo, cuya sola sonrisa era el impulso que necesitaba para seguir adelante. Este título es para ustedes, por ser mi motor y mi razón de ser.

Tabla de Contenido

Resumen.....	16
Abstract	18
Introducción	19
1. Planteamiento Inicial del Proyecto	21
1.1. Antecedentes.....	21
1.1.1. Antecedentes del Problema, Necesidad u Oportunidad.....	21
1.1.2. Descripción del Problema (Problema de Negocio) - Árbol de Problemas	22
1.1.3. Objetivos del Proyecto - Árbol de Objetivos.....	25
1.1.4. Matriz de Marco Lógico	27
1.2. Descripción Organización o Comunidad Fuente del Problema, Necesidad, Oportunidad o Expectativa	31
1.2.1. Descripción General – Marco Histórico de la Organización.....	31
1.2.2. Direccionamiento Estratégico de la Organización.	32
1.2.3. Estructura Organizacional Proyecto	35
1.3. Caso de Negocio.....	37
1.3.1. Descripción de Alternativas de la Solución.....	37
1.3.2. Criterios de Selección de Alternativas	39
1.3.3. Análisis de Alternativas	41
1.3.4. Selección de Alternativa	43

1.3.5. Justificación del Proyecto	44
1.4. Marco Teórico	46
1.5. Marco Metodológico	49
1.5.1 Enfoque de Investigación	49
1.5.2 Tipo de Investigación.....	50
1.5.3 Población y Muestra	52
1.5.4 Herramientas Para la Recolección de Información	53
1.5.5 Fuentes de Información	56
2. Estudios y Evaluaciones	59
2.1. Estudio de Mercado.....	59
2.1.1. Población	59
2.1.2. Proyección Demanda del Mercado.....	60
2.1.3. Proyección Oferta del Mercado	62
2.1.4. Punto Equilibrio Oferta – Demanda del Mercado	65
2.1.5. Pronóstico de Ventas y Comercialización del Producto	67
2.1.6. Factores de Competencia del Mercado y Distintivos del Proyecto	70
2.1.7. Determinación de Precio(s) / Estrategias de Comercialización del Producto	73
2.2. Estudio Técnico	76
2.2.1. Definición Técnica y Conceptual del Proyecto – Producto.....	76
2.2.2. Ingeniería del Proyecto – Procesos Productivos.....	78

2.2.3. Tamaño del Proyecto	82
2.2.4. Localización del Proyecto	85
2.2.5. Organización del Proyecto.....	87
2.2.6. Requerimiento Para el Desarrollo del Proyecto	91
2.2.7. Supuestos y Restricciones del Proyecto	94
2.3. Estudio Financiero.....	97
2.3.1. Estimación del Valor de la Inversión del Proyecto	97
2.3.2. Definición y Determinación de Costos y Gastos de Operación	100
2.3.3. Determinación de Fuentes de Financiación, Costo de Capital y Uso de Fondos	103
2.3.4. Flujo de Caja del Proyecto.....	105
2.3.5. Proyección de Estados Financieros del Proyecto	108
2.3.6. Determinación del Flujo de Caja Neto del Proyecto	111
2.3.7. Determinación Tasa de Descuento del Proyecto	114
2.3.8. Evaluación Financiera del Proyecto	116
2.3.9. Análisis de Sensibilidad y Planes de Contingencia	119
2.4. Estudio Social y Ambiental	122
2.4.1. Definición del Impacto Social y Ambiental	122
2.4.2. Análisis, Descripción y Categorización de Beneficios y Costos Sociales. Balance Social.	125
2.4.3. Análisis, Descripción y Categorización de Beneficios y Costos Ambientales	129

2.4.4. Análisis Ciclo de Vida del Producto o Bien o Servicio o Resultado	132
2.4.5. Definición de Flujo de Entradas y Salidas.....	136
2.4.6. Cálculo de Impacto Ambiental Bajo Criterios P5 TM	138
2.4.7. Cálculo de Huella de Carbono	143
2.4.8 Estrategias de Mitigación de Impacto Ambiental.....	145
3. Inicio y Planeación del Proyecto.....	148
3.1. Aprobación del Proyecto (Project Charter)	148
3.2 Plan de Gestión del Proyecto	151
3.2.1 Plan de Gestión de Interesados	151
a. Identificación y Categorización de Interesados	151
b. Matriz de Interesados	154
c. Matriz Dependencia Influencia	156
d. Formato Para la Resolución de Conflictos y Gestión de Expectativas	158
3.2.2 Plan de Gestión de Alcance	160
a. Project Scope Statement (Acta de Declaración del Alcance).....	160
b. Documento de Requisitos	163
c. Matriz de Trazabilidad de Requisitos.....	166
d. Actas de Cierre de Proyecto o Fase.....	168
e. Línea Base de Alcance con EDT/WBS a Quinto Nivel de Desagregación.....	170
f. EDP.....	170

g. Diccionario de la WBS	173
3.2.3 Plan de Gestión de Comunicaciones	174
a. Matriz de Comunicaciones.....	174
b. Flujograma de las Comunicaciones (Procesos de Escalamiento de la Información)...	176
c. Glosario de Terminología Común.....	178
3.2.4 Plan de Gestión del Cronograma	179
a. Listado de Actividades con Estimación de Duraciones Esperadas con Uso de la Distribución PERT Beta-Normal.	179
b. Línea Base Tiempo	181
c. Diagrama de Red (Producto de la Programación en Ms Project Completamente Cerrado “Canónico”)	183
d. Cronograma – Diagrama de Gantt (Con No Menos de 200 Líneas en MS Project), Donde se Identifique la Ruta Crítica.....	184
e. Nivelación de Recursos y Uso de Recursos	186
3.2.5 Plan de Gestión del Costo.....	189
a. Línea Base de Costos	189
b. Presupuesto Por Actividades.....	191
c. Estructura de Desagregación de Recursos ReBS	193
d. Estructura de Desagregación de Costos CBS.	196
e. Indicadores de Medición de Desempeño	199

f. Aplicación Técnica del Valor Ganado con Curvas S Avance	201
3.2.6 Plan de Gestión de Calidad.....	203
a. Especificaciones Técnicas de Requerimientos.....	203
b. Herramientas de Control de la Calidad (Diagrama de Flujo, Diagrama Ishikawa, Hojas de Chequeo)	206
c. Formato Inspecciones.....	211
d. Formato Auditorias	213
e. Listas de Verificación de los Entregables (Producto / Servicio)	216
3.2.7 Plan de Gestión de Recursos	218
a. Identificación y Adquisición de Recursos.....	218
b. Estructura Desagregación de Recursos.....	221
c. Definición de Roles, Responsabilidades y Competencias del Equipo	222
d. Matriz de Asignación de Responsabilidades (RACI) a Nivel de Paquete de Trabajo.	226
e. Histograma y Horario de Recursos	228
f. Plan de Capacitación y Desarrollo del Equipo	231
g. Identificación de Procesos de Seguridad y Salud en el Trabajo	233
h. Esquema de Contratación y Liberación del Personal	236
i. Definición de Indicadores de Medición de Desempeño del Equipo y Esquema de Incentivos y Recompensas.	238

j. Identificación de Habilidades Blandas (Liderazgo, Empoderamiento, Creatividad, Innovación, Trabajo Colaborativo, Manejo de Conflictos y Comunicación Asertiva) Para el Desarrollo del Proyecto.....	241
3.2.8 Plan de Gestión del Riesgo	243
a. Identificación de Riesgos y Determinación de Umbral	243
b. Risk Breakdown Structure -RiBS	245
c. Análisis de Riesgos del Proyecto (Cualitativo y Cuantitativo) Debe Evidenciarse la Aplicación y Cálculo del Valor Económico Esperado	247
d. Matriz de Riesgos	250
e. Plan de Respuesta a Riesgo, Rastreando y Monitoreando los Riesgos Residuales	251
3.2.9 Plan de Gestión de Adquisiciones	253
a. Definición y Criterios de Valoración de Proveedores	253
b. Selección y Tipificación de Contratos	255
c. Criterios de Contratación, Ejecución y Control de Compras y Contratos.	258
d. Cronograma de Compras Con la Asignación de Responsable.....	261
e. Sostenibilidad en el Proceso de Adquisiciones	263
4 Lecciones Aprendidas	266
5 Conclusiones y Recomendaciones	269
6. Referencias.....	272
7. Anexos.....	277

8. Apéndices.....	279
-------------------	-----

Tabla de Tablas

Tabla 1. Matriz de Marco Lógico	27
Tabla 2. Análisis de Alternativas.....	41
Tabla 3. Proyección de ventas.....	67
Tabla 4. Resumen de inversión estimada.....	98
Tabla 5. Resumen de costos de operación estimados (anual)	101
Tabla 6. Uso de fondos.....	104
Tabla 7. Flujo de caja proyectado (2025–2030).....	106
Tabla 8. Estado de Resultados Proyectado	108
Tabla 9. Balance General Proyectado	109
Tabla 10. Flujo de caja neto proyectado	112
Tabla 11. Valor Presente Neto	116
Tabla 12. Matriz de valoración cualitativa.....	127
Tabla 13. Categorización de beneficios y costos ambientales	131
Tabla 14. Evaluación de impactos ambientales por etapa.....	134
Tabla 15. Matriz de interesados	154
Tabla 16. Matriz Dependencia–Influencia	157
Tabla 17. Formato de resolución de conflictos y gestión de expectativas	158
Tabla 18. Matriz de Trazabilidad de Requisitos.....	166
Tabla 19. Formato de Acta de Cierre de Fase/Proyecto	168
Tabla 20. Matriz de Comunicaciones del Proyecto	174
Tabla 21. Glosario de terminología común.....	178
Tabla 22. Recepción de Agregados.....	209

Tabla 23. Ensayos de Laboratorio (Agregados).....	209
Tabla 24. Elaboración de Concreto Modular	210
Tabla 25. Resistencia Mecánica	210
Tabla 26. FORMATO DE INSPECCIONES DE CALIDAD.....	211
Tabla 27. FORMATO DE AUDITORÍA DE CALIDAD	213
Tabla 28. LISTA DE VERIFICACIÓN DE ENTREGABLES.....	216
Tabla 29. Revisión Técnica	216
Tabla 30. Revisión de Calidad	217
Tabla 31. Revisión Administrativa y Contractual	217
Tabla 32. Validación Final	217
Tabla 33. Matriz RACI por Paquete de Trabajo (WBS – Nivel Resumen)	226
Tabla 34. Matriz de evaluación cualitativa de riesgos	248
Tabla 35. Análisis cuantitativo de riesgos – Valor Económico Esperado (VEE).....	249
Tabla 36. Matriz de Riesgos del Proyecto	250
Tabla 37. Plan de Respuesta, Rastreabilidad y Monitoreo de Riesgos	251
Tabla 38. Criterios de valoración de proveedores.....	254
Tabla 39. Selección del tipo de contrato según categoría de adquisición	257
Tabla 40. Cronograma de Compras con Responsables.....	261

Tabla de Figuras

Figura 1. Árbol de problemas	24
Figura 2. Árbol de objetivos	26
Figura 3. Mapa estratégico.....	34
Figura 4. Estructura Organizacional	35
Figura 5. Organigrama del proyecto	89
Figura 6. EDT	170
Figura 7. EDP.....	172
Figura 8. Línea base de costos	189
Figura 9. Estructura de desagregación de recursos	193
Figura 10. Curva S avance	201
Figura 11. Diagrama de flujo	206
Figura 12. Diagrama de Ishikawa	208
Figura 13. ReBS.....	221
Figura 14. Histograma	229

Resumen

La calidad del concreto modular depende en gran medida de las propiedades físicas y morfológicas de los agregados finos y gruesos empleados en su fabricación. En Colombia, donde este sistema constructivo comienza a consolidarse como alternativa eficiente y sostenible, resulta prioritario garantizar que dichos materiales cumplan con los estándares técnicos y normativos establecidos. Concremack S.A.S., empresa especializada en prefabricados de concreto, ha identificado la necesidad de evaluar la idoneidad de sus agregados —finos del río Magdalena y gruesos del río Guayuribo— para optimizar su desempeño en aplicaciones modulares.

Este estudio, titulado “Evaluación de Morfología en Agregados Para Elaboración de Concreto Hidráulico Empleado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado”, tuvo como objetivo analizar granulometría, densidad, absorción, contenido de partículas finas y características morfológicas, siguiendo protocolos de normas ASTM (C33, C127, C128, C136 y C117) y normas y especificaciones INVIAS, a fin de establecer su compatibilidad con las exigencias del concreto modular. La metodología incluyó la toma de muestras representativas, ensayos físicos en laboratorio acreditado y análisis comparativo frente a los valores normativos de referencia.

Los resultados obtenidos permiten identificar el grado de cumplimiento de los agregados respecto a parámetros críticos de calidad, así como su influencia en la trabajabilidad, resistencia y durabilidad del concreto. El estudio concluye que una caracterización periódica y documentada de los agregados es esencial para garantizar uniformidad en la producción, reducir riesgos de no conformidad, optimizar la dosificación de mezclas y fortalecer la competitividad de la empresa en el mercado. Asimismo, se proponen recomendaciones técnicas orientadas a la mejora continua y la sostenibilidad en la gestión de materiales.

Palabras clave: Concreto modular, agregados finos, agregados gruesos, granulometría, morfología, ASTM, INVIAS, calidad de materiales.

Abstract

The quality of modular concrete depends largely on the physical and morphological properties of the fine and coarse aggregates used in its manufacture. In Colombia, where this construction system is beginning to establish itself as an efficient and sustainable alternative, ensuring that these materials meet established technical and regulatory standards is a priority. Concremack S.A.S., a company specializing in precast concrete, has identified the need to evaluate the suitability of its aggregates—fine aggregates from the Magdalena River and coarse aggregates from the Guayuribo River—to optimize their performance in modular applications.

This study, entitled "Evaluation of Composition and Morphology in Fine and Coarse Aggregates for the Production of Modular Concrete at Concremack SAS," aimed to analyze particle size distribution, density, absorption, fine particle content, and morphological characteristics, following ASTM standard protocols (C33, C127, C128, C136, and C117) and INVIAS, in order to establish their compatibility with the requirements of modular concrete. The methodology included representative sample collection, physical testing in an accredited laboratory, and comparative analysis against standard reference values.

The results obtained allow for the identification of the aggregates' compliance with critical quality parameters, as well as their influence on the concrete's workability, strength, and durability. The study concludes that periodic and documented aggregate characterization is essential to ensure production consistency, reduce the risk of nonconformity, optimize mix dosage, and strengthen the company's market competitiveness. Technical recommendations are also proposed aimed at continuous improvement and sustainability in materials management.

Keywords: Modular concrete, fine aggregates, coarse aggregates, grading, morphology, ASTM, INVIAS, material quality.

Introducción

La construcción modular en concreto se ha establecido como una opción eficiente y versátil para satisfacer las necesidades del sector de la edificación en Colombia, gracias a su capacidad para acortar tiempos de ejecución, optimizar recursos y asegurar altos niveles de control de calidad. Este método constructivo, ampliamente adoptado en Norteamérica y Europa, ha comenzado a ganar popularidad en el país como respuesta a la demanda de proyectos habitacionales e industriales que cumplen con rigurosos estándares técnicos y normativos, mientras que también son sostenibles y económicamente viables.

En este contexto, los agregados finos y gruesos —componentes fundamentales en la producción del concreto— juegan un papel crucial en las propiedades mecánicas, la trabajabilidad y la durabilidad del material. Las características físicas, granulométricas y morfológicas de estos agregados afectan directamente parámetros críticos como la resistencia a compresión, la absorción, la densidad y la cohesión de la mezcla, impactando en el rendimiento del concreto modular durante su fabricación, transporte y montaje.

Concremack S.A.S., una empresa especializada en la fabricación de elementos prefabricados de concreto, llevó a cabo en 2022 un estudio centrado en la Evaluación de la resistencia mecánica del concreto hidráulico utilizado en sistemas de construcción modular industrializada. Este análisis permitió establecer parámetros de diseño de mezcla que cumplen con las Normas Técnicas Colombianas (NTC), los estándares internacionales ASTM y normas y especificaciones INVIAS. No obstante, el estudio también puso de manifiesto la necesidad de profundizar en la caracterización de las materias primas, en particular los agregados finos del río Magdalena y los gruesos del río Guayuribo, debido a las variaciones en su morfología que pueden afectar la uniformidad y el rendimiento del producto final.

La competitividad en el sector y el cumplimiento de la normativa vigente requieren asegurar que los agregados empleados en concreto modular no solo satisfacen los requisitos establecidos en normas como ASTM C33, ASTM C127, ASTM C128, ASTM C136 y ASTM C117, y normas y especificaciones INVIAS, sino que también mantengan estabilidad en sus propiedades a lo largo del tiempo. Esta condición es fundamental para evitar reprocesos, sobrecostos y posibles sanciones regulatorias, así como para garantizar la satisfacción del cliente y la consolidación de la reputación corporativa.

En este contexto, la investigación presentada con el título “Evaluación de Morfología en Agregados Para Elaboración de Concreto Hidráulico Empleado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado” tiene como objetivo analizar de forma integral las propiedades físicas y morfológicas de los agregados utilizados, identificando su adecuación para la producción de concreto modular. Los resultados permitirán optimizar el diseño de mezclas, fortalecer los procesos de control de calidad, mejorar la eficiencia operativa y contribuir a la sostenibilidad de la cadena de suministro, así aportando al desarrollo de soluciones constructivas innovadoras y competitivas en el mercado colombiano.

1. Planteamiento Inicial del Proyecto

1.1. Antecedentes

1.1.1. Antecedentes del Problema, Necesidad u Oportunidad

La industria de la construcción en Colombia ha visto un crecimiento constante en los últimos años, impulsado por la necesidad de soluciones habitacionales e infraestructura que cumplan con estándares de calidad, sostenibilidad y eficiencia en costos. Sin embargo, uno de los factores clave que influye en el rendimiento del concreto modular —tanto en usos estructurales como no estructurales— es la calidad de los agregados finos y gruesos utilizados en su elaboración. La experiencia acumulada de Concremack S.A.S., evidenciada en estudios como Evaluación de la resistencia mecánica del concreto hidráulico utilizado en sistemas de construcción modular industrializado (2022), demostró que la selección y caracterización de los agregados son cruciales para asegurar el cumplimiento de las Normas Técnicas Colombianas (NTC), de los estándares internacionales (ASTM), y normas y especificaciones INVIAS.

En este trabajo, aunque se identificaron mezclas de concreto de alto rendimiento para la construcción modular, también se encontraron limitaciones vinculadas a la variabilidad en la calidad de las materias primas, especialmente de los agregados, lo que impactó en la reproducibilidad de los resultados y en la estabilidad del producto final. Estas circunstancias, junto con la creciente demanda normativa y competitiva del mercado, han provocado la necesidad de llevar a cabo una evaluación actualizada de la morfología de los agregados utilizados por la empresa.

Actualmente, Concremack S.A.S. obtiene sus agregados finos del río Magdalena y los gruesos del río Guayuribo. Factores como la diversidad mineralógica, la presencia de partículas

nocivas, la variabilidad en el tamaño de las partículas y las condiciones de extracción pueden impactar de manera considerable en la trabajabilidad, resistencia y durabilidad del concreto modular. A esto se suma el riesgo de sanciones por parte de reguladores organismos si se emplean proveedores no autorizados o materiales que no cumplen con las especificaciones.

El contexto competitivo del sector refuerza esta necesidad. El concreto modular se establece como una solución constructiva eficiente, que puede acortar tiempos de ejecución y costos relacionados, pero su éxito depende de la calidad y consistencia de sus componentes. Un material no conforme puede provocar reprocesos, aumento de costos, pérdida de confianza del cliente y afectar la imagen corporativa.

Por lo tanto, la oportunidad se encuentra en implementar un proceso sistemático de caracterización física y morfológica de los agregados, alineado con las normas ASTM C33, C127, C128, C136 y C117, y normas y especificaciones INVIAS, entre otras, para optimizar el diseño de mezclas, mejorar la competitividad y asegurar el cumplimiento de estándares técnicos. Este enfoque, además de fortalecer la calidad del producto final, permitirá a Concremack SAS adoptar prácticas de control de calidad más sólidas y sostenibles, respondiendo a los desafíos actuales del mercado y a las expectativas de sus partes interesadas.

1.1.2. Descripción del Problema (Problema de Negocio) - Árbol de Problemas

Descripción del problema

En la producción de concreto modular, la calidad de los agregados finos y gruesos es un factor crucial que influye en la resistencia, durabilidad y trabajabilidad del material. Concremack S.A.S., a pesar de su experiencia en el sector, enfrenta una reducción en competitividad debido a la variabilidad en las propiedades físicas y morfológicas de sus agregados —finos del río

Magdalena y gruesos del río Guayuribo—, lo que ocasiona riesgos de incumplimiento normativo, sobre costos por reprocesos, y posibles impactos en la imagen corporativa.

La falta de un sistema sólido y continuo para caracterizar y controlar estos materiales complica la garantía de uniformidad y reproducibilidad del concreto modular. Esta problemática se ve agravada por factores externos como la variabilidad natural de las fuentes de extracción, cambios en las condiciones ambientales y la escasa disponibilidad de agregados certificados en la región. Como resultado, la empresa se enfrenta a retrasos en los cronogramas, aumento en los costos de producción y pérdida de oportunidades de mercado frente a competidores que aplican protocolos de control de calidad más rigurosos.

Árbol de problemas

Problema central:

Variabilidad en la morfología de los agregados finos y gruesos que compromete la calidad y competitividad del concreto modular de Concremack S.A.S.

Causas principales:

1. Control insuficiente de calidad en los agregados:

- Ausencia de caracterización periódica y documentada.
- Equipos de laboratorio subutilizados o con calibración insuficiente.
- Protocolos de ensayo no estandarizados con todas las áreas operativas.

2. Variabilidad de las fuentes de suministro:

- Cambios en la morfología por condiciones hidrológicas de los ríos.
- Alteraciones en la mineralógica debido a procesos de extracción.
- Falta de contratos estables con proveedores certificados.

3. Factores externos y regulatorios:

- Exigencias normativas más estrictas (ASTM, NTC, INVIAS).
- Riesgo de sanciones por uso de agregados no conformes.
- Incremento en costos logísticos por necesidad de buscar fuentes alternativas.

Consecuencias principales:

1. Técnicas:

- Disminución de la resistencia y durabilidad del concreto modular.
- Incremento de no conformidades en procesos de prefabricación.
- Mayor incidencia de fallas prematuras en elementos producidos.

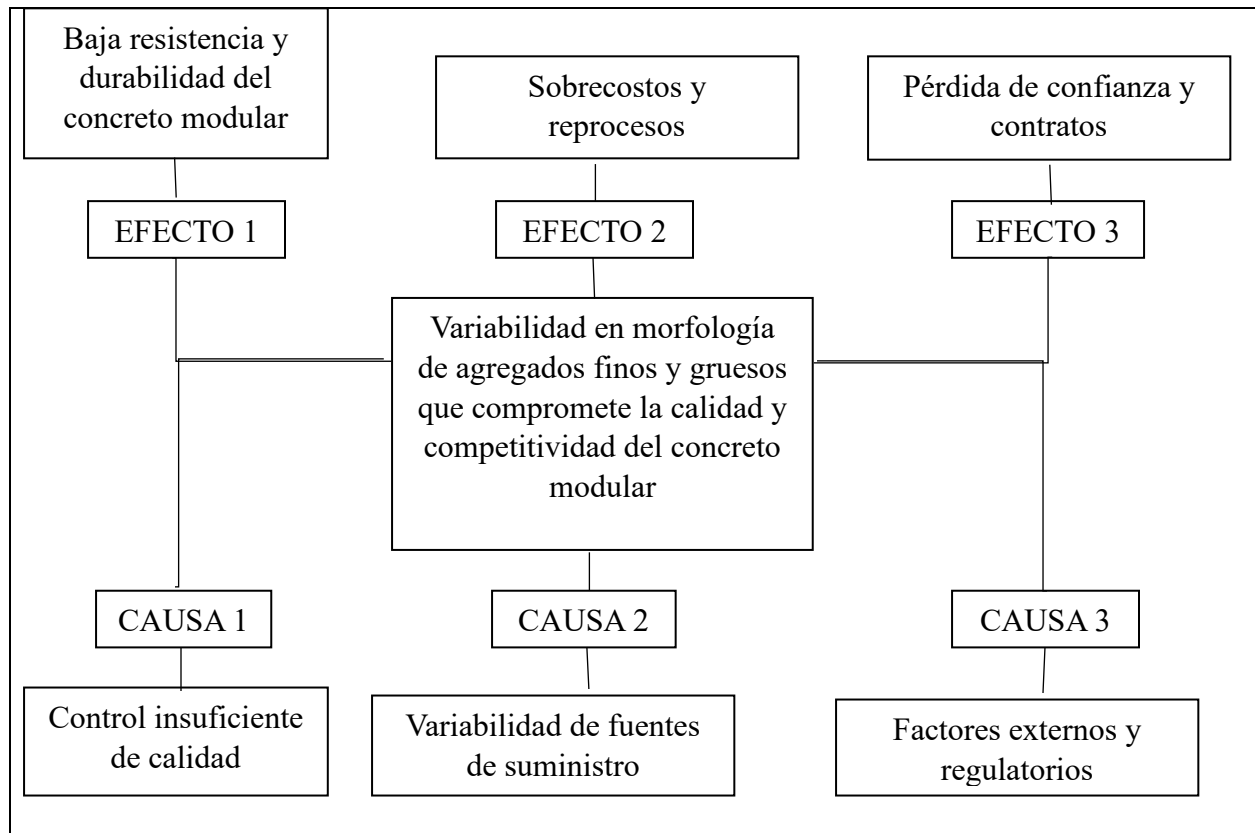
2. Económicas:

- Sobrecostos por reprocesos y desperdicio de material.
- Pérdida de contratos por incumplimiento de especificaciones.
- Reducción en la rentabilidad de proyectos modulares.

3. Reputacionales:

- Afectación de la imagen corporativa frente a clientes y entes reguladores.
- Disminución de la confianza de constructoras y contratistas.
- Pérdida de posicionamiento frente a competidores con mejores prácticas de control de calidad.

Figura 1. Árbol de problemas



Fuente: Autores.

1.1.3. Objetivos del Proyecto - Árbol de Objetivos

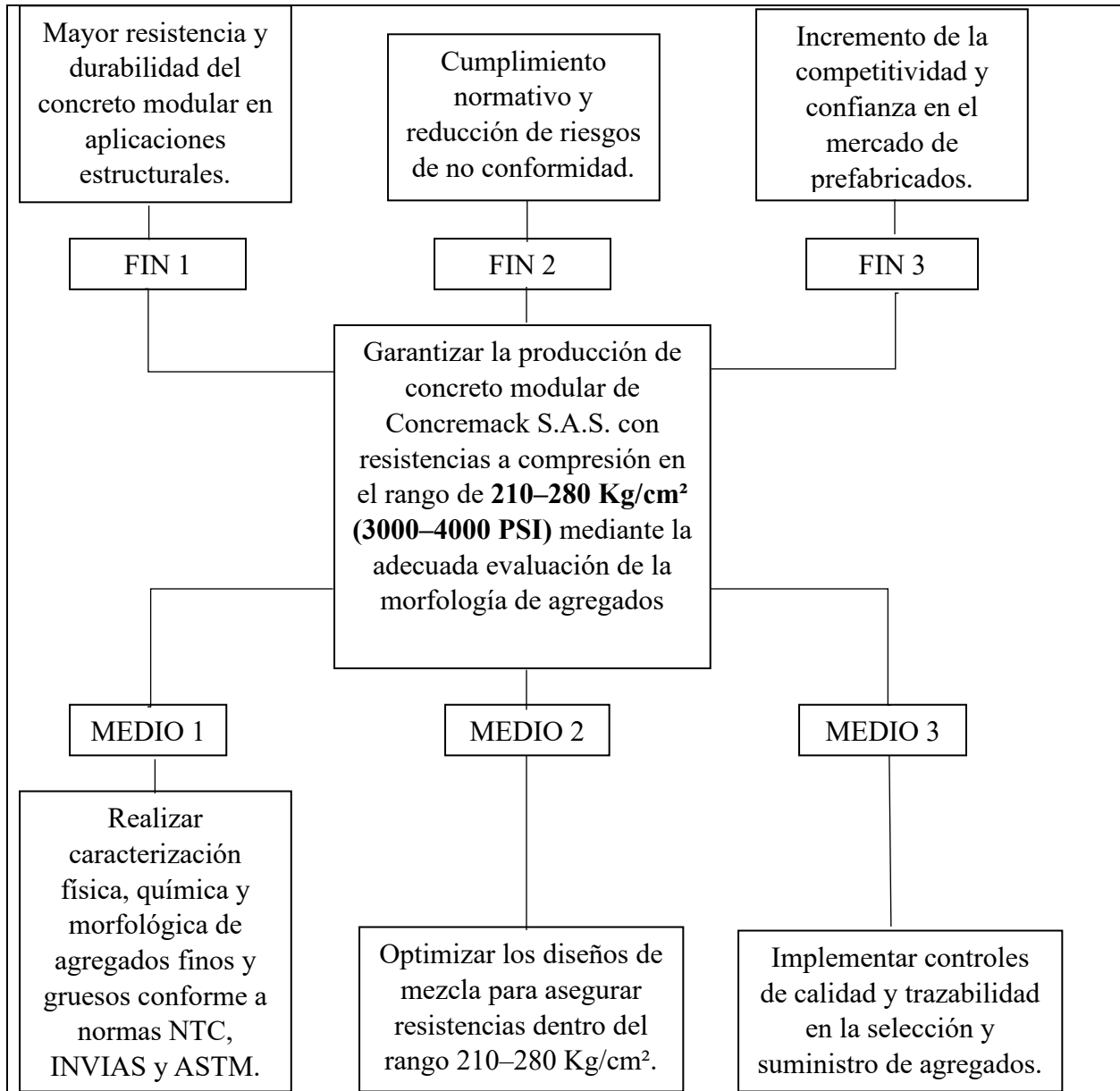
Objetivo General

Evaluar la morfología de los agregados finos y gruesos utilizados en la elaboración de concreto hidráulico para sistemas de construcción modular industrializado en Concremack S.A.S., con el fin de garantizar que dichos materiales permitan obtener resistencias a la compresión comprendidas entre **210 Kg/cm² (3000 PSI)** y **280 Kg/cm² (4000 PSI)**, asegurando el cumplimiento de normas técnicas vigentes (NTC, INVIAS y ASTM) y contribuyendo a la eficiencia y calidad de los procesos productivos.

Objetivos Específicos

1. Caracterizar físicamente los agregados finos y gruesos mediante ensayos de granulometría, forma de partículas, textura superficial y contenido de impurezas, siguiendo normas NTC, INVIAS y ASTM, verificando su influencia en la obtención de resistencias en el rango de 210 a 280 Kg/cm².
2. Evaluar la morfología de partículas mediante técnicas de análisis visual y de medición, determinando su impacto en la adherencia pasta-árido y en la compactación del concreto en los diseños de mezcla orientados a resistencias entre 3000 y 4000 PSI.
3. Comparar los resultados obtenidos con estándares nacionales e internacionales (ASTM, INVIAS y NTC), estableciendo el grado de conformidad de los agregados para concretos dentro del rango de resistencia delimitado.
4. Proponer mejoras en la selección, tratamiento o sustitución de agregados, con el propósito de garantizar la estabilidad de las propiedades mecánicas en el rango de resistencias establecido.
5. Integrar los resultados en el plan de gestión de calidad y adquisiciones de Concremack S.A.S., asegurando trazabilidad y control en la cadena de suministro para concretos de 210–280 Kg/cm².

Figura 2. Árbol de objetivos



Fuente: Autores.

1.1.4. Matriz de Marco Lógico

Tabla 1. Matriz de Marco Lógico

Resumen narrativo	Indicadores verificables objetivamente (IVO)	Medios de verificación (MV)	Supuestos
-------------------	--	-----------------------------	-----------

Fin Optimizar la calidad del concreto modular en Concremack S.A.S. mediante el control y selección adecuada de agregados para garantizar resistencia y durabilidad en el rango de 210–280 Kg/cm².	• Resistencia promedio ≥ 210 Kg/cm² y ≤ 280 Kg/cm² en probetas de diseño a 28 días. • Disminución ≥ 15 % de no conformidades en producción anual. • Satisfacción de clientes ≥ 90 % en encuestas de control de calidad.	• Reportes de ensayos de laboratorio (ASTM, NTC, INVIAS). • Registros internos de control de calidad. • Encuestas y actas de cierre de proyectos.	• Disponibilidad de recursos para implementar las mejoras. • Estabilidad de condiciones de mercado y demanda.
Propósito Evaluar la morfología de los agregados finos y gruesos para garantizar su idoneidad en la producción de concreto modular en el rango de 3000–4000 PSI.	• Informe técnico final con resultados de caracterización física, química y morfológica. • Conformidad ≥ 95 % frente a normas NTC, ASTM y INVIAS para agregados y concreto estructural. • Documentación de propuestas de ajuste aprobadas.	• Informe de investigación. • Normas técnicas NTC, INVIAS y ASTM. • Actas de aprobación interna de mejoras.	• Acceso a equipos de laboratorio y fuentes de agregados. • Personal capacitado disponible para pruebas.
Componentes / Resultados	• Ensayos granulométricos, de absorción y de morfología documentados. • Análisis químico conforme a NTC 98, INVIAS y ASTM C114. • Informe comparativo frente a	• Informes de laboratorio y bitácoras de ensayo. • Registros fotográficos. • Actas de revisión técnica.	• Agregados disponibles durante el período de pruebas. • Cumplimiento de cronograma técnico.

	estándares internacionales. • Documento de recomendaciones aprobado.		
1. Caracterización física de agregados finos y gruesos conforme a NTC/ASTM/INVIAS.			
2. Análisis químico y morfológico de los agregados.			
3. Comparación con estándares y determinación de idoneidad en el rango de 210–280 Kg/cm ² .			
4. Elaboración de recomendaciones para selección y control de agregados.			
5. Integración de resultados en el plan de gestión de calidad y adquisiciones de la empresa.			
Actividades	• Ejecución de muestreo representativo. • Ensayos físicos (granulometría, densidad, absorción, morfología). • Ensayos químicos. • Evaluación comparativa con normas NTC, INVIAS y ASTM. • Elaboración y	• Cronograma de muestreo ejecutado en un 100%. • Ensayos completados en tiempo y forma. • Informe final aprobado por gerencia técnica.	• Condiciones logísticas y ambientales permiten muestreo. • No se presentan interrupciones prolongadas en el proceso productivo.

	socialización de informe final.		
--	------------------------------------	--	--

Fuente: Autores.

Se compone de **cuatro niveles jerárquicos**:

1. **Fin** → El impacto de largo plazo que se busca (ej. optimizar la calidad del concreto modular).
2. **Propósito** → El cambio concreto que el proyecto generará (ej. evaluar agregados para garantizar su idoneidad).
3. **Componentes / Resultados** → Productos o entregables que se obtendrán (ej. informes técnicos, recomendaciones, integración en plan de calidad).
4. **Actividades** → Acciones específicas para lograr los resultados (ej. muestreo, ensayos físicos, análisis químico y morfológico).

Cada nivel se acompaña de:

- **Indicadores Verificables Objetivamente (IVO)** → Cómo se medirá el éxito.
- **Medios de Verificación (MV)** → Fuentes o documentos que confirmarán los resultados.
- **Supuestos** → Condiciones externas necesarias para el éxito.

Esto garantiza **coherencia lógica**: si se ejecutan las actividades, se obtendrán los resultados; si se logran los resultados, se cumple el propósito; y si se cumple el propósito, se contribuye al fin.

1.2. Descripción Organización o Comunidad Fuente del Problema, Necesidad, Oportunidad o Expectativa

1.2.1. Descripción General – Marco Histórico de la Organización

Concremack S.A.S. es una empresa colombiana especializada en la producción y comercialización de concreto modular y soluciones constructivas industrializadas, ubicada en Bogotá Cundinamarca. Su labor se enfoca en la creación de elementos prefabricados y sistemas de construcción modular para proyectos de infraestructura, vivienda y obras civiles, presentando un portafolio de productos que incluye muros, losas, vigas y otros componentes estructurales.

La empresa fue establecida en el año 2012, con el objetivo de satisfacer la creciente demanda de soluciones constructivas rápidas, eficientes y de alta calidad en el mercado nacional. Desde sus comienzos, Concremack S.A.S. ha incorporado tecnologías de producción modular industrializada, integrando procesos controlados de mezclado, moldeo y curado, con el fin de asegurar uniformidad y rendimiento en los productos finales.

En su trayectoria, la organización ha establecido alianzas estratégicas con proveedores de agregados, cementos y aditivos, lo que le ha permitido asegurar un flujo constante de materia prima. Sin embargo, el crecimiento de la empresa y la diversificación de sus proyectos han aumentado la necesidad de reforzar los controles sobre la calidad, morfología de los agregados utilizados, ya que estos representan entre el 60 % y 75 % del volumen total del concreto (Mehta & Monteiro, 2014).

Concremack S.A.S. opera conforme a los lineamientos de la Ley 222 de 1995 y el Código de Comercio Colombiano, cumpliendo con la normatividad técnica como las Normas Técnicas Colombianas (NTC), normas y especificaciones INVIAS y los estándares internacionales ASTM aplicables a agregados y concreto. La empresa ha puesto en marcha un sistema de gestión de

calidad alineado con la ISO 9001:2015, que establece procedimientos de control en la recepción de materiales, producción y despacho, aunque todavía enfrenta desafíos en la caracterización periódica y la trazabilidad de los agregados.

En los últimos años, la empresa ha centrado sus esfuerzos en fortalecer la innovación y la sostenibilidad, incorporando prácticas de gestión ambiental en línea con el Decreto 1076 de 2015 y estrategias para mitigar el impacto ambiental en su cadena de suministro. Sin embargo, la variabilidad observada en la morfología de los agregados provenientes de distintas canteras y proveedores ha impulsado el desarrollo de este proyecto, como parte de una estrategia de mejora continua y aseguramiento de la calidad en sus productos modulares.

1.2.2. Direccionamiento Estratégico de la Organización.

Objetivos estratégicos de la organización

1. **Garantizar la calidad** del concreto modular mediante la implementación de controles estrictos en la selección y manejo de agregados y demás insumos.
2. **Incrementar la participación en el mercado nacional** en un 20 % durante los próximos cinco años, consolidándose como referente en soluciones de construcción modular.
3. **Optimizar la eficiencia operativa** reduciendo los desperdicios y reprocesos en planta en un 15 % anual.
4. **Fortalecer la sostenibilidad** incorporando prácticas de economía circular y reducción de huella de carbono en la cadena productiva.
5. **Innovar en productos y procesos** mediante la incorporación de nuevas tecnologías de prefabricación y sistemas de control de calidad digitalizados.

Políticas institucionales

- Cumplimiento estricto de **normas técnicas NTC, normas y especificaciones INVIA y ASTM**, así como de la legislación vigente en materia laboral, ambiental y comercial.
- Priorizar la **seguridad y salud en el trabajo**, cumpliendo la Resolución 0312 de 2019 y demás normas del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).
- Fomentar la **capacitación continua del personal**, con programas de actualización técnica y formación en gestión de calidad.
- Mantener **relaciones éticas y transparentes** con proveedores, clientes y comunidades.
- Integrar criterios de **responsabilidad ambiental** en todas las etapas del proceso productivo.

Misión

Fabricar y comercializar concreto modular y soluciones constructivas industrializadas de alta calidad, cumpliendo con estándares técnicos nacionales e internacionales, satisfaciendo las necesidades de nuestros clientes y promoviendo la sostenibilidad en la industria de la construcción.

Visión

Para 2030, ser reconocidos como la empresa líder en Colombia en producción de concreto modular, destacada por su calidad, innovación, sostenibilidad y contribución al desarrollo de infraestructuras eficientes y seguras.

Valores

- **Calidad:** Compromiso con la excelencia en cada producto y servicio.
- **Innovación:** Incorporación de tecnologías y procesos de mejora continua.
- **Responsabilidad:** Cumplimiento de compromisos y obligaciones con clientes y partes interesadas.

- **Sostenibilidad:** Producción responsable con el medio ambiente y las comunidades.
- **Trabajo en equipo:** Fomento de la colaboración y el respeto entre los miembros de la organización.

Mapa estratégico

Perspectiva Financiera

- Incrementar ingresos por diversificación de productos modulares.
- Mejorar rentabilidad mediante optimización de procesos y reducción de desperdicios.

Perspectiva del Cliente

- Aumentar la satisfacción del cliente a través de calidad certificada y cumplimiento de plazos.
- Ampliar cobertura en nuevas regiones del país.

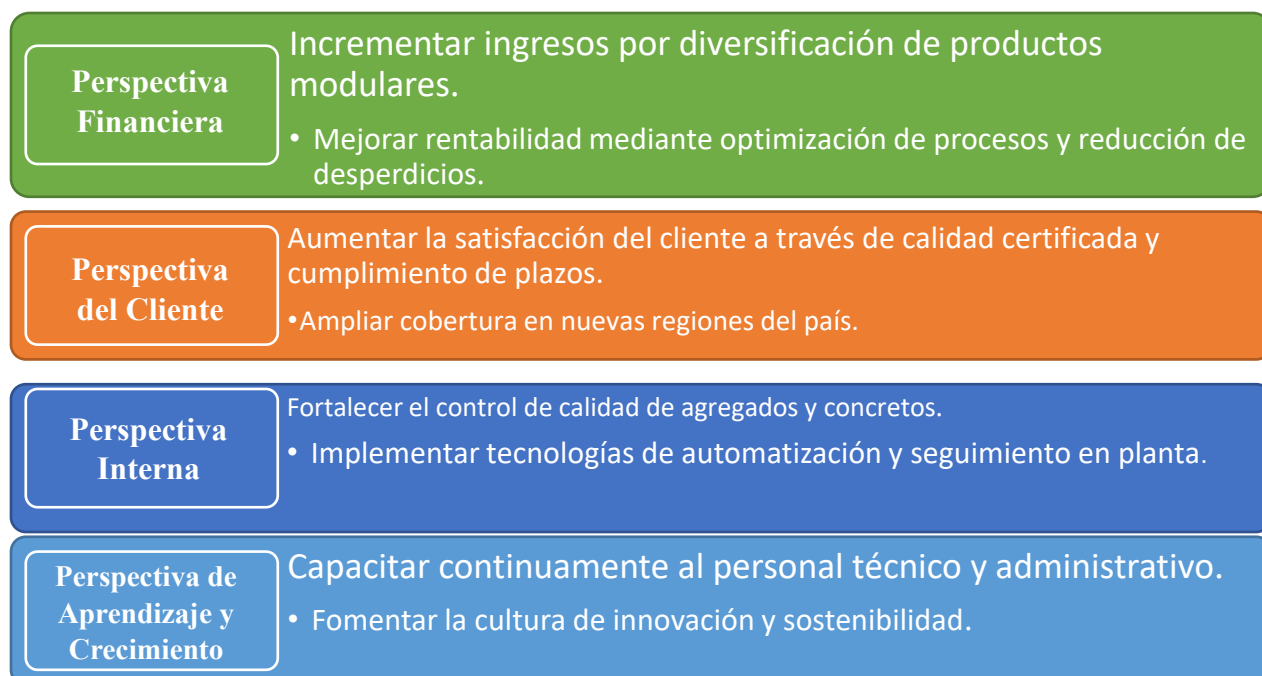
Perspectiva de Procesos Internos

- Fortalecer el control de calidad de agregados y concretos.
- Implementar tecnologías de automatización y seguimiento en planta.

Perspectiva de Aprendizaje y Crecimiento

- Capacitar continuamente al personal técnico y administrativo.
- Fomentar la cultura de innovación y sostenibilidad.

Figura 3. Mapa estratégico

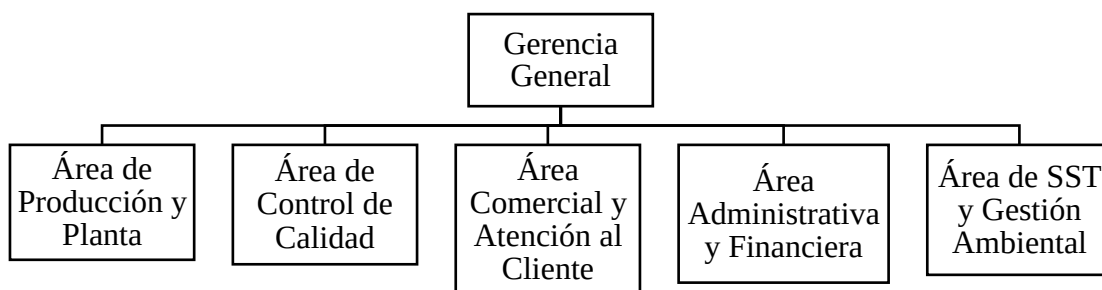


Fuente: Autores.

1.2.3. Estructura Organizacional Proyecto

Se representan las partes principales del proyecto.

Figura 4. Estructura Organizacional



Fuente: Autores.

Concremack S.A.S. posee una estructura organizacional de tipo funcional, donde las áreas se agrupan de acuerdo a su especialidad y funciones dentro del proceso productivo. Esta organización permite un control más eficaz de las operaciones, favorece la especialización técnica y asegura la trazabilidad de las decisiones, aspectos esenciales para garantizar la calidad en la producción de concreto modular.

La jerarquía está encabezada por la Gerencia General, que lidera la estrategia corporativa, supervisa el cumplimiento de los objetivos y coordina con las diversas áreas funcionales. A continuación, se ofrece una descripción general de los principales niveles y cargos:

1. Gerencia General

- Responsable de la dirección estratégica, la toma de decisiones de alto nivel y la representación legal de la empresa.
- Supervisa el cumplimiento de la misión, visión y objetivos estratégicos.

2. Área de Producción y Planta

- Coordina la fabricación del concreto modular y de los elementos prefabricados.
- Administra la logística interna de materiales, incluyendo la recepción, control y almacenamiento de agregados.
- Garantiza el cumplimiento de las normas técnicas (NTC, INVIAS y ASTM) durante la producción.

3. Área de Control de Calidad

- Realiza inspecciones, ensayos de laboratorio y análisis de agregados.
- Documenta resultados y verifica que los productos cumplan con los parámetros establecidos.

- Colabora en la implementación de mejoras continuas en procesos y procedimientos.

4. Área Comercial y Atención al Cliente

- Desarrolla estrategias de ventas, gestión de clientes y seguimiento postventa.
- Identifica oportunidades de mercado y coordina las relaciones comerciales.

5. Área Administrativa y Financiera

- Administra recursos humanos, financieros y materiales.
- Gestiona el presupuesto, la contabilidad y el cumplimiento tributario.

6. Área de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) y Gestión Ambiental

- Vela por el cumplimiento de la Resolución 0312 de 2019 y demás normativa SST.
- Implementa planes de gestión ambiental conforme al Decreto 1076 de 2015.

1.3. Caso de Negocio

1.3.1. Descripción de Alternativas de la Solución

Con el objetivo de mejorar la calidad del concreto modular a través del control y la caracterización de los agregados empleados, se presentan las siguientes alternativas estratégicas evaluadas según criterios técnicos, económicos y operativos:

Alternativa 1 – Continuar con el proceso actual sin cambios significativos

(Escenario Base)

Descripción:

Mantener los procedimientos actuales para la recepción, la inspección visual y los ensayos básicos ocasionales de agregados, fundamentados en la experiencia operativa y en las verificaciones de proveedores.

Ventajas:

- No requiere inversión inicial adicional.
- No interrumpe el flujo de producción ni genera cambios en la rutina del personal.

Desventajas:

- Riesgo de variabilidad no controlada en la calidad de los agregados.
- Posible incumplimiento de especificaciones técnicas NTC/ASTM/INVIAS.
- Incremento potencial de no conformidades y costos por reprocesos.

Alternativa 2 – Implementación de un programa interno de caracterización física, química y morfológica

Descripción:

Diseñar e implementar un programa constante de ensayos de laboratorio para caracterizar los agregados finos y gruesos que ingresan a la planta, incluyendo granulometría, análisis de forma y textura, contenido de impurezas y química, con registro digital en el sistema de gestión de calidad.

Ventajas:

- Control más preciso y trazable de la calidad de los agregados.
- Posibilidad de ajustar mezclas y procesos para optimizar resistencia y durabilidad del concreto.
- Reducción de reprocesos y reclamaciones.

Desventajas:

- Requiere inversión inicial en equipos y capacitación del personal.
- Mayor tiempo en la etapa de recepción de materiales.

Alternativa 3 – Subcontratación de laboratorios externos especializados

Descripción:

Contratar regularmente a un laboratorio acreditado por el ONAC para llevar a cabo ensayos especializados de morfología, utilizando protocolos NTC, INVIAS y ASTM.

Ventajas:

- Acceso inmediato a equipos y técnicas especializadas sin inversión en infraestructura propia.
- Resultados respaldados por certificación acreditada.

Desventajas:

- Dependencia de terceros para la entrega de resultados.
- Costo recurrente por análisis externos.
- Menor flexibilidad para ajustes inmediatos en la producción.

Si bien la Alternativa 1 no requiere inversión adicional, no aborda la causa raíz del problema. La Alternativa 3 asegura precisión técnica, pero genera dependencia externa y costos recurrentes. La Alternativa 2 se presenta como la opción más equilibrada, ya que refuerza la capacidad interna de control de calidad, permite respuestas rápidas ante desviaciones y consolida la trazabilidad, alineándose con los principios de mejora continua establecidos por el PMBOK® (7ª edición) y la ISO 9001:2015.

1.3.2. Criterios de Selección de Alternativas

Para elegir la opción más adecuada que optimice el control y la caracterización de agregados finos y gruesos en la fabricación de concreto modular, se han establecido criterios técnicos, económicos, operativos y estratégicos, ponderados de acuerdo con la realidad de Concremack S.A.S. y las mejores prácticas del PMBOK® (7ª edición).

1. Pertinencia técnica (30 %)

Evalúa la capacidad de la opción para satisfacer los requisitos técnicos definidos por las normas NTC, INVIAS y ASTM, así como su aporte al aumento de la resistencia, durabilidad y uniformidad del concreto modular.

- Indicadores: Cumplimiento normativo, precisión de resultados, capacidad de detección temprana de no conformidades.

2. Costo de implementación y operación (25 %)

Teniendo en cuenta la inversión inicial necesaria, los gastos recurrentes y la relación costo-beneficio a medio plazo.

- Indicadores: Monto de inversión, gastos operativos anuales, retorno estimado.

3. Tiempo de implementación (15 %)

Analiza la velocidad con la que la alternativa puede empezar a operar y generar resultados, abarcando las etapas de adquisición, formación y puesta en marcha.

- Indicadores: Meses de implementación, curva de aprendizaje del personal.

4. Impacto en la operación (15 %)

Evalúa el nivel de interrupción o impacto en la producción actual, así como la facilidad de integración con los procesos y sistemas ya existentes.

- Indicadores: Nivel de interferencia en el flujo productivo, compatibilidad con procedimientos vigentes.

5. Sostenibilidad y alineación estratégica (15 %)

Valora la contribución de la alternativa a los objetivos estratégicos de la organización, su impacto en la mejora continua, y su alineación con la visión de sostenibilidad ambiental y responsabilidad social.

- Indicadores: Alineación con objetivos estratégicos, aporte a reducción de huella ambiental, fortalecimiento de imagen corporativa.

Observación:

La ponderación asignada refleja la prioridad de asegurar la calidad técnica como el eje principal del proyecto, sin olvidar la viabilidad económica y la agilidad en la implementación. La evaluación final de las alternativas se llevará a cabo con base en estos criterios, utilizando una matriz de ponderación para elegir la opción con el puntaje total más alto.

1.3.3. Análisis de Alternativas

Con base en los criterios de selección establecidos en el punto 1.3.2, se llevó a cabo la evaluación de las tres alternativas propuestas para mejorar el control y la caracterización de agregados finos y gruesos. Se utilizó una matriz de análisis ponderada, otorgando puntajes de 1 a 5 a cada alternativa (1 = desempeño muy bajo, 5 = desempeño sobresaliente) y multiplicando por el peso porcentual de cada criterio.

Tabla 2. Análisis de Alternativas

Criterio	Peso (%)	Alternativa 1 Continuar igual	Alternativa 2 Programa interno de caracterización	Alternativa 3 Laboratorio externo especializado
1. Pertinencia técnica	30	2 (0,60)	5 (1,50)	5 (1,50)
2. Costo de implementación y operación	25	5 (1,25)	4 (1,00)	3 (0,75)
3. Tiempo de implementación	15	5 (0,75)	3 (0,45)	4 (0,60)

4. Impacto en la operación	15	5 (0,75)	4 (0,60)	3 (0,45)
5. Sostenibilidad y alineación estratégica	15	2 (0,30)	5 (0,75)	4 (0,60)
Puntaje total	100	3,65	4,30	3,90

Fuente: Autores.

Nota: El puntaje entre paréntesis corresponde a la multiplicación del valor asignado (1 a 5) por el peso en fracción decimal.

Interpretación de resultados

- **Alternativa 2 – Programa interno de caracterización física, química y morfológica** alcanzó el puntaje más alto (4,30), sobresaliendo en pertinencia técnica, sostenibilidad y alineación estratégica.
- **Alternativa 3 – Laboratorio externo especializado** obtuvo un desempeño técnico notable (empatando con la Alternativa 2), sin embargo, su costo recurrente y menor flexibilidad la colocan en una posición inferior.
- **Alternativa 1 – Continuar igual** obtuvo la puntuación más baja en relevancia técnica y sostenibilidad; aunque es la opción más económica y de implementación más rápida, no aborda el problema fundamental.

La **Alternativa 2** se considera la más conveniente, pues:

- Garantiza **autonomía y trazabilidad** en el control de calidad.
- Permite **respuestas rápidas** ante desviaciones en la calidad de agregados.
- Se alinea con la **estrategia de mejora continua** y la certificación bajo ISO 9001:2015.
- Reduce riesgos de no conformidad y mejora la competitividad a mediano y largo plazo.

1.3.4. Selección de Alternativa

Tras aplicar los criterios de selección definidos en el punto 1.3.2 y evaluar las tres opciones en la matriz ponderada (punto 1.3.3), se concluyó que la Alternativa 2 – Implementación de un programa interno de caracterización física, química y morfológica es la opción más adecuada para Concremack S.A.S.

Esta opción logró la puntuación más alta (4,30 sobre 5), mostrando un equilibrio positivo entre la relevancia técnica, la alineación estratégica y la sostenibilidad operativa, sin depender de recursos externos.

Razones para la selección:

1. **Pertinencia técnica superior:** Facilita la realización de controles periódicos y exhaustivos de los agregados, garantizando el cumplimiento de las normas NTC, INVIAS y ASTM, y mejorando la calidad del concreto modular.
2. **Autonomía operativa:** Elimina la necesidad de depender de terceros para la caracterización, asegurando la disponibilidad inmediata de resultados que faciliten decisiones de ajuste en la producción.
3. **Trazabilidad y mejora continua:** Permite una mejor integración de los resultados en el sistema de gestión de calidad ISO 9001:2015 y en la planificación de compras y proveedores.
4. **Impacto positivo en la competitividad:** Aumenta la confianza del cliente al sustentar la calidad con datos objetivos y verificables, lo que refuerza la reputación en el ámbito de la construcción modular.

5. **Alineación con objetivos estratégicos:** Se alinea con las metas corporativas de optimizar procesos, minimizar reprocesos y promover la sostenibilidad mediante un uso eficiente de los recursos.

Implicaciones de la decisión:

- Se necesitará una inversión inicial en equipos de laboratorio (tamices, balanzas, horno de secado, equipo para análisis morfológico y químico) y en la capacitación del personal.
- La implementación debe planearse de manera que no interrumpa la continuidad operativa, integrando los nuevos procedimientos a la rutina de recepción y control de materiales.
- Se espera que el retorno de la inversión se materialice a mediano plazo, gracias a la disminución de no conformidades, reclamaciones y gastos por reprocesos.

1.3.5. Justificación del Proyecto

El presente proyecto nace de la necesidad de Concremack S.A.S. de asegurar la calidad, uniformidad y durabilidad de su concreto modular a través de un control más estricto sobre la morfología de los agregados finos y gruesos utilizados en la producción.

En el contexto actual del sector de la construcción modular en Colombia, los clientes y entidades contratantes demandan cada vez más el cumplimiento de las normas técnicas NTC, INVIAS y ASTM, así como la evidencia de procesos productivos confiables y trazables. Las no conformidades que surgen de agregados inadecuados no solo afectan la resistencia y la vida útil del concreto, sino que también provocan reprocesos, sobrecostos y riesgos reputacionales para la empresa.

Finalidad del proyecto:

- **Asegurar la calidad del producto final** mediante la implementación de un programa interno de caracterización física, química y morfológica de agregados.
- **Optimizar los procesos productivos** al permitir ajustes inmediatos en las mezclas y procedimientos en función de resultados objetivos y confiables.
- **Reducir costos operativos** asociados a reclamaciones, devoluciones y reprocesos.
- **Fortalecer la competitividad** en el mercado nacional, respaldando la oferta comercial con datos técnicos verificables.

Impacto esperado:

1. En la calidad del producto:

- Mayor resistencia, durabilidad y homogeneidad del concreto modular.
- Cumplimiento consistente de los parámetros establecidos en normas NTC, INVIAS y ASTM.

2. En la eficiencia operativa:

- Reducción proyectada de un 15 % en no conformidades en el primer año de implementación.
- Disminución de desperdicios y optimización en el uso de materias primas.

3. En la satisfacción del cliente y la reputación corporativa:

- Incremento del índice de satisfacción de clientes en al menos un 10 % en dos años.
- Posicionamiento de la empresa como referente en calidad dentro del sector modular.

4. En la sostenibilidad y responsabilidad social:

- Disminución de impactos ambientales por uso ineficiente de agregados.

- Integración de prácticas de mejora continua y trazabilidad en el plan de gestión ambiental y de calidad de la empresa.

La ejecución de este proyecto no solo aborda una necesidad técnica, sino que también representa una estrategia a largo plazo para asegurar el cumplimiento normativo, optimizar la rentabilidad y reforzar la posición competitiva de Concremack S.A.S. en el mercado nacional, al mismo tiempo que se alinea con los principios de sostenibilidad y mejora continua impulsados por el PMBOK® (7ª edición) y la ISO 9001:2015.

1.4. Marco Teórico

El marco teórico proporciona el soporte conceptual y científico que fundamenta este proyecto, facilitando la contextualización del objeto de estudio dentro de investigaciones anteriores, regulaciones técnicas y las tendencias del sector de la construcción modular tanto en Colombia como a nivel internacional.

Antecedentes y estado del arte

La calidad del concreto modular está íntimamente relacionada con las propiedades físicas, químicas y morfológicas de los agregados que lo componen, los cuales representan entre el 60 % y 75 % del volumen total de la mezcla (Mehta & Monteiro, 2014). En Colombia, investigaciones como las de Gómez et al. (2020) y Carvajal y Castaño (2019) han evidenciado que variaciones en la granulometría, la forma de las partículas y la presencia de impurezas impactan de manera significativa la resistencia a la compresión, la trabajabilidad y la durabilidad de los concretos prefabricados.

En el contexto internacional, estudios realizados bajo las normas ASTM C33, ASTM C136, y normas y especificaciones INVIAS han definido rangos óptimos de granulometría y requisitos de pureza para asegurar la calidad del concreto. Igualmente, autores como Neville

(2012) destacan que la morfología de los agregados afecta directamente la adherencia entre la pasta y el árido, así como la demanda de agua de la mezcla.

En el ámbito de la construcción modular, la supervisión de calidad de los agregados es un aspecto crucial para el éxito, ya que los elementos prefabricados demandan una resistencia y uniformidad superiores a las del concreto vertido in situ (Lozano & Hernández, 2018).

Fundamentos técnicos y normativos

- **Normas Técnicas Colombianas (NTC):** La **NTC 174** (granulometría), la **NTC 92** (densidad y absorción) y la **NTC 237** (resistencia a compresión) establecen los parámetros de calidad de los agregados y del concreto.
- **Normas ASTM:** ASTM C33 (especificaciones para agregados), ASTM C136 (análisis granulométrico) y ASTM C295 (petrografía de agregados).
- **ISO 9001:2015:** Estructura la gestión de calidad bajo principios de mejora continua y control documental.
- **PMBOK® 7ª edición:** Plantea la gestión de calidad como un dominio de desempeño clave, integrando la planificación, aseguramiento y control durante todo el ciclo de vida del proyecto.

Conceptos clave

- **Agregados finos:** Materiales como arena natural o triturada que pasan el tamiz N°4 (4,75 mm).
- **Agregados gruesos:** Material retenido en el tamiz N°4, como grava o piedra triturada.
- **Granulometría:** Distribución del tamaño de partículas en un agregado, factor crítico para la trabajabilidad y resistencia del concreto.

- **Morfología de partículas:** Forma, angularidad y textura superficial de los agregados, que influyen en la adherencia y el empaquetamiento.
- **Concreto modular:** Concreto prefabricado en planta bajo condiciones controladas para elaborar elementos estructurales de montaje rápido.

Aportes del presente proyecto

A diferencia de investigaciones anteriores que se enfocaron solo en la resistencia mecánica del concreto, este proyecto abarca un análisis completo de la morfología de los agregados en el contexto particular de la producción de concreto modular en Concremack S.A.S., integrando:

- Evaluación física (granulometría, densidad, absorción, forma y textura).
- Análisis químico (identificación de compuestos que afecten durabilidad).
- Estudio morfológico (impacto en adherencia y compactación).

Además, el proyecto se llevará a cabo con un enfoque mixto (cuantitativo–cualitativo) y se aplicará directamente a los procesos internos de la empresa, lo que le confiere un carácter práctico e innovador dentro del sector.

Fundamentación metodológica

El diseño metodológico se fundamenta en la necesidad de contar con datos cuantificables obtenidos a través de ensayos de laboratorio, complementados por el análisis de la percepción del personal técnico y la revisión de normas y registros de calidad. Esta combinación permitirá establecer una base sólida y proponer mejoras verificables en la gestión de agregados.

1.5. Marco Metodológico

1.5.1 Enfoque de Investigación

El presente proyecto se llevará a cabo utilizando un enfoque de investigación mixto, integrando métodos cuantitativos y cualitativos, con el fin de lograr una visión completa sobre la morfología de los agregados finos y gruesos que se emplean en la fabricación de concreto modular en Concremack S.A.S.

Justificación del enfoque mixto

- **Componente cuantitativo:** Facilita la obtención de datos objetivos y medibles a partir de ensayos físicos, químicos y morfológicos realizados sobre muestras representativas de agregados. Estos resultados se compararán con estándares normativos (NTC, INVIAS y ASTM) para determinar el grado de conformidad.
- **Componente cualitativo:** Recopila percepciones, experiencias y prácticas del personal técnico y de control de calidad de la empresa, a través de entrevistas semiestructuradas y revisión de documentos sobre procedimientos internos. Este componente ayuda a identificar áreas de mejora y posibles ajustes operativos.

Ventajas del enfoque mixto en este proyecto

1. **Complementariedad:** El análisis numérico de las propiedades físicas y químicas se complementa con una interpretación cualitativa del contexto operativo lo, que facilita un diagnóstico más integral.
2. **Triangulación de datos:** La combinación de resultados de laboratorio, normas técnicas y opiniones del personal refuerza la validez y la fiabilidad de las conclusiones.

3. **Aplicabilidad directa:** La información recopilada no solo retrata la situación actual, sino que también permite diseñar mejoras en los procesos, protocolos y criterios para la selección de agregados.

Relación con el objetivo del proyecto

El enfoque mixto se adapta a la naturaleza aplicada de esta investigación, dado que:

- **Cuantitativamente**, ofrece la evidencia técnica esencial para evaluar la calidad de los agregados.
- **Cualitativamente**, identifica los factores operativos, logísticos y humanos que afectan su gestión.

En consecuencia, el enfoque mixto no solo permitirá determinar el estado actual de los agregados utilizados por Concremack S.A.S., sino que también facilitará la propuesta de mejoras viables, técnicamente fundamentadas y alineadas con las verdaderas necesidades de la organización.

1.5.2 Tipo de Investigación

El presente proyecto se sitúa dentro de una investigación aplicada, de tipo descriptivo–correlacional, con componentes explicativos, ya que busca analizar y entender cómo las características de los agregados finos y gruesos influyen en la calidad del concreto modular producido por Concremack S.A.S., para luego proponer mejoras en los procesos internos de control de calidad.

Investigación aplicada

La investigación aplicada tiene como objetivo abordar problemas prácticos y concretos en un contexto real, haciendo uso de conocimientos y teorías ya existentes. En este caso, se

pretende implementar metodologías de caracterización física, química y morfológica para obtener resultados que se conviertan en decisiones operativas y estratégicas para la empresa.

Enfoque descriptivo–correlacional

- **Descriptivo:** Facilitará la descripción de las propiedades físicas (granulometría, densidad, absorción), químicas (mineralógica) y morfológicas (forma y textura) de los agregados empleados, así como su conformidad con las normas técnicas NTC, INVIAS y ASTM.
- **Correlacional:** Se enfocará en identificar la relación entre estas propiedades y variables clave como la resistencia, durabilidad y trabajabilidad del concreto modular, analizando cómo las características de los agregados afectan el rendimiento final del producto.

Elementos explicativos

Si bien el objetivo principal es describir y correlacionar variables, también se incorporan elementos explicativos al analizar las causas de posibles desviaciones de calidad y proponer soluciones técnicas y de gestión para mitigarlas. Esto implica entender por qué ciertas propiedades de los agregados influyen de manera positiva o negativa en la calidad del concreto modular.

Justificación del tipo de investigación

Este enfoque metodológico se alinea con los objetivos del proyecto porque:

1. Facilita un diagnóstico técnico preciso de los agregados empleados.
2. Define relaciones claras entre la calidad de los materiales y el producto final.
3. Ofrece fundamentos técnicos y operativos para aplicar mejoras en el control de calidad de Concremack S.A.S.

1.5.3 Población y Muestra

Población

La población objeto de estudio está conformada por:

1. Materiales (agregados finos y gruesos)

- Todos los lotes de arena (ya sea natural o triturada) y grava/piedra triturada que llegan a la planta de producción de Concremack S.A.S. a lo largo del período de ejecución del proyecto.
- Incluye agregados que provienen de diversas canteras y proveedores utilizados en la elaboración de concreto modular.

2. Personal técnico y operativo

- Personal del área de producción, control de calidad y recepción de materiales de Concremack S.A.S. que interviene en la manipulación, inspección y control de agregados.
- Incluye operarios de planta, inspectores de calidad y responsables de compras y almacenamiento de materiales.

Muestra

Dado que no es factible evaluar todos los lotes de agregados que se reciben a lo largo del año ni entrevistar a todo el personal de la empresa, se establecerá una muestra representativa, seleccionada mediante criterios de muestreo no probabilístico por conveniencia, teniendo en cuenta la disponibilidad de los materiales y la accesibilidad a los participantes.

a) Muestra de materiales

- Se elegirán al menos 5 lotes de agregados finos y 5 lotes de agregados gruesos de distintos proveedores y canteras, recibidos durante el periodo de estudio.

- Cada lote será sometido a pruebas físicas, químicas y morfológicas, cumpliendo con las normas NTC, ASTM pertinentes y normas y especificaciones INVIAS.

b) Muestra de personal

- Se realizarán entrevistas semiestructuradas a un mínimo de **5 personas**:
 - 2 operarios de planta.
 - 2 inspectores o auxiliares de control de calidad.
 - 1 responsable de compras o abastecimiento.

Justificación de la muestra

- **Representatividad técnica:** Los lotes elegidos incluirán diversidad en procedencia y características, lo que permitirá obtener una visión precisa de las condiciones de los agregados utilizados por la empresa.
- **Pertinencia operativa:** La elección del personal entrevistado asegura la obtención de información desde diversas perspectivas del proceso (operativa, técnica y de abastecimiento).
- **Optimización de recursos:** La muestra facilita un análisis exhaustivo sin causar una carga operativa adicional ni incurrir en costos elevados para la empresa.

1.5.4 Herramientas Para la Recolección de Información

La recopilación de información en este proyecto se llevará a cabo mediante la combinación de herramientas cuantitativas (ensayos y mediciones de laboratorio) y cualitativas (entrevistas semiestructuradas y revisión documental), con el objetivo de asegurar un análisis completo y confiable.

1. Herramientas para el componente cuantitativo

a) Ensayos físicos y mecánicos de agregados

- **Objetivo:** Determinar propiedades como granulometría, densidad aparente y real, absorción, contenido de humedad, forma y textura de las partículas.
- **Normas de referencia:** NTC 174, NTC 92, ASTM C136, ASTM C127, ASTM C128, INVIAS.
- **Instrumentos y equipos:**
 - Juego de tamices normalizados.
 - Balanza de precisión.
 - Horno de secado.
 - Calibrador Vernier y microscopio o lupa estereoscópica para análisis morfológico.
- **Validación:** Se utilizarán procedimientos estandarizados y certificados conforme a las normas técnicas, con calibración vigente de los equipos.

b) Ensayos químicos

- **Objetivo:** Determinar química y presencia de compuestos perjudiciales (arcillas, materia orgánica, sulfatos, cloruros).
- **Normas de referencia:** ASTM C114, NTC 98, NTC 1776, INVIAS.
- **Instrumentos y equipos:**
 - Reactivos químicos normalizados.
 - Equipo de análisis químico de laboratorio.
- **Validación:** Realización en laboratorio interno o externo acreditado por el ONAC, siguiendo protocolos normalizados.

2. Herramientas para el componente cualitativo

a) Entrevistas semiestructuradas

- **Objetivo:** Captar la percepción y experiencia del personal de planta, control de calidad y abastecimiento respecto a la calidad y gestión de agregados.
- **Estructura:** Preguntas abiertas y cerradas, organizadas por ejes temáticos (recepción, inspección, control, problemas recurrentes, oportunidades de mejora).
- **Validación:** La guía de entrevistas será revisada por dos expertos en producción de concreto (uno interno y otro externo a la empresa) para asegurar relevancia y claridad.

b) Revisión documental

- **Objetivo:** Examinar los registros históricos de control de calidad, las fichas técnicas de los proveedores y los reportes de no conformidades.
- **Fuentes:** Sistema de gestión de calidad, manuales de procedimiento, informes técnicos anteriores.
- **Validación:** Comparar la información con los resultados de laboratorio para garantizar la coherencia y consistencia de los datos.

3. Estrategias de aseguramiento de la validez y confiabilidad

- **Triangulación de datos:** Combinación de resultados de laboratorio, entrevistas y documentos internos para llegar a conclusiones más robustas.
- **Calibración de equipos:** Verificación y ajuste previo de todos los instrumentos de medición de acuerdo a los requisitos normativos.
- **Capacitación previa del personal encargado de las mediciones y entrevistas,** garantizando uniformidad en la aplicación de los instrumentos.
- **Prueba piloto:** Aplicación anticipada de entrevistas y al menos un ensayo de laboratorio para identificar posibles ajustes en los instrumentos y procedimientos.

Además de los ensayos realizados en laboratorios certificados de Concremack, se llevaron a cabo pruebas experimentales en el contexto de la Maestría en Gerencia de Proyectos, realizadas por los miembros del grupo de investigación, con el objetivo de validar la caracterización física y morfológica de los agregados en condiciones controladas de laboratorio académico.

Ver anexo: Anexo H. 05. Caracterización estudiantes Maestría

1.5.5 Fuentes de Información

Para llevar a cabo este proyecto, se emplearán fuentes primarias y secundarias, con el objetivo de asegurar la solidez, actualidad y confiabilidad de los datos recopilados.

A. Fuentes primarias

Son aquellas que el investigador obtiene directamente durante el desarrollo del proyecto, mediante la aplicación de instrumentos y técnicas para la recolección de datos.

1. Resultados de ensayos físicos, químicos y morfológicos

- Datos obtenidos de las pruebas realizadas a los agregados finos y gruesos, siguiendo normas NTC, INVIA y ASTM.
- Medidas tomadas con equipos calibrados (tamices, balanzas, horno, microscopio, reactivos).

2. Entrevistas semiestructuradas

- Información recopilada del personal de Concremack S.A.S. que participa en la recepción, control y uso de agregados.
- Perspectivas de operarios, inspectores de calidad y encargados de compras.

3. Observación directa en planta

- Registro de procedimientos de recepción, almacenamiento y manipulación de agregados.
- Identificación de buenas prácticas y áreas de mejora.

B. Fuentes secundarias

Son aquellas que provienen de documentos, estudios previos y literatura técnica que respaldan el marco teórico y metodológico de la investigación.

1. Documentos internos de Concremack S.A.S.

- Informes consolidados mensuales de control de calidad proporcionados por Concremack S.A.S. (febrero 2024–septiembre 2025), que incluyen información sobre producción, consumo de materiales y resistencias obtenidas en campo.

Estos documentos facilitaron la comparación entre los resultados de laboratorio y el comportamiento real de las mezclas en planta.

Ver anexos: Anexo D. CAR-004-A0014-25-AC-Consolidado Mensual_Abril., Anexo E. CAR-005-A0036-25-AC-Consolidado Mensual Mayo., Anexo F.

CAR+002+1502+25+AC+Consolidado Mensual_Febrero., Anexo G.

CAR+003+1503+25+AC+Consolidado Mensual_Marzo., Anexo H. 05. Caracterización

estudiantes Maestría, Anexo I. CAR+005+1378+24+AC+Consolidado Mensual_Mayo, Anexo J.

CAR+006+1383+24+AC+Consolidado Mensual_Junio., Anexo K.

CAR+007+1390+24+AC+Consolidado Mensual_Julio., Anexo L.

CAR+008+1396+24+AC+Consolidado Mensual_Agosto, Anexo M.

CAR+009+1413+24+AC+Consolidado Mensual_Septiembre., Anexo N.

CAR+010+1425+24+AC+Consolidado Mensual_Octubre., Anexo O.

CAR+011+1446+24+AC+Consolidado Mensual_Noviembre., Anexo P.

CAR+012+1463+24+AC+Consolidado Mensual_Diciembre., Anexo Q. CAR-001-9652-24-AC-Consolidado Mensual_Enero., Anexo R. CAR-002-9833-24-AC-Consolidado Mensual_Febrero., Anexo S. CAR-003-9976-24-AC-Consolidado Mensual_Marzo.

- Registros de control de calidad.
- Fichas técnicas de proveedores.
- Procedimientos internos y manuales operativos.

2. Normatividad técnica y legal

- Normas Técnicas Colombianas (NTC 92, NTC 174, NTC 237, entre otras).
- Normas y especificaciones INVIAS.
- Normas ASTM (C33, C136, C295, C127, C128).
- Legislación nacional en materia de calidad y seguridad en la construcción (Ley 400 de 1997, Decreto 1077 de 2015).

3. Bibliografía especializada

- Libros y artículos científicos sobre tecnología del concreto y propiedades de agregados (Mehta & Monteiro, 2014; Neville, 2012).
- Publicaciones académicas nacionales e internacionales indexadas en bases como **Scopus, ScienceDirect y Google Scholar.**

4. Estudios previos

- Tesis y proyectos relacionados con caracterización de agregados y control de calidad en concreto modular.
- Investigaciones del sector constructor en Colombia publicadas por **Cementos Argos, Camacol y el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).**

2. Estudios y Evaluaciones

2.1. Estudio de Mercado

2.1.1. Población

La población objetivo para este estudio de mercado está compuesta por empresas y actores del sector de la construcción que requieren concreto modular en Colombia, con un enfoque particular en el mercado de prefabricados y soluciones industrializadas de edificación. Este conjunto incluye:

- **Constructoras y firmas de ingeniería** que realizan proyectos habitacionales, comerciales e industriales utilizando metodologías de construcción modular.
- **Entidades públicas y privadas** que llevan a cabo el desarrollo de infraestructura social y productiva (vivienda de interés social, instituciones educativas, centros de salud, bodegas industriales, entre otros).
- **Fabricantes y comercializadores de elementos prefabricados** que necesitan concreto modular de alto desempeño para sus procesos productivos.
- **Proveedores de materiales** que forman parte de la cadena de suministro de agregados, cementos y aditivos para la producción de concreto.

En el contexto de Concremack S.A.S., la población se centra principalmente en los clientes actuales y potenciales dentro del territorio nacional, con especial énfasis en los departamentos de Meta, Cundinamarca, Bogotá D.C., Antioquia y Valle del Cauca, donde la empresa cuenta con capacidad de distribución y experiencia en participación de proyectos. Esta delimitación geográfica se basa en factores logísticos y de costo-beneficio, optimizando el transporte y garantizando la calidad del producto

Adicionalmente, la población analizada abarca tanto mercados institucionales (licitaciones, contratos marco) como mercados privados, lo que permite describir la demanda en términos de volúmenes de compra, especificaciones técnicas requeridas y frecuencia de pedidos. La inclusión de ambos segmentos garantiza una visión completa de las oportunidades y amenazas que enfrenta el producto en el mercado.

La caracterización de esta población será clave para proyectar la demanda, dimensionar la oferta y definir estrategias competitivas, teniendo en cuenta las tendencias nacionales en construcción modular, las exigencias normativas actuales (ASTM, NTC, NSR-10, INVIAS) y el crecimiento anticipado del sector de infraestructura y vivienda en Colombia.

2.1.2. Proyección Demanda del Mercado

La proyección de la demanda de concreto modular en Colombia, y específicamente del suministro de agregados finos y gruesos de calidad certificada para su fabricación, se basa en el análisis de tendencias del sector construcción, el comportamiento histórico de la producción y el crecimiento estimado de los segmentos donde el sistema modular tiene mayor presencia.

1. Factores de crecimiento del mercado

- **Incremento en proyectos de vivienda de interés social (VIS y VIP):** El Ministerio de Vivienda ha planeado un incremento en las metas de construcción de VIS y VIP para el periodo 2025–2030, promoviendo el uso de tecnologías industrializadas que disminuyan los tiempos y costos de ejecución.
- **Demanda de soluciones rápidas en infraestructura pública y privada:** La construcción modular puede reducir los plazos de entrega en un 30–50%, lo que la convierte en una opción preferente para colegios, hospitales y edificaciones temporales o ampliaciones rápidas.

- **Aumento en licitaciones que incluyen criterios de sostenibilidad:** Las demandas de eficiencia energética, trazabilidad de materiales y reducción de huella de carbono promueven el uso de concreto modular con agregados certificados.
- **Crecimiento del sector industrial y logístico:** La expansión de almacenes, centros de distribución y fábricas está fomentando la demanda de soluciones prefabricadas y modulares.

2. Datos de referencia y comportamiento histórico

De acuerdo con los datos de Camacol (2024) y del DANE, el área autorizada para construcción no residencial y vivienda ha experimentado un crecimiento compuesto anual (CAGR) del 4,8% en los últimos cinco años, a pesar de las condiciones económicas. El segmento de prefabricados y modulares ha crecido a un ritmo más acelerado, estimado en 6,5% anual, gracias a su mayor adopción en proyectos tanto públicos como privados.

3. Metodología de proyección

Para este estudio, se adopta un modelo de proyección a cinco años (2025–2030) con base en:

- **Tendencias sectoriales:** información de Camacol, DANE y proyecciones del PIB de la construcción.
- **Capacidad instalada de Concremack S.A.S.:** volúmenes históricos de producción y ventas de concreto modular.
- **Participación estimada de mercado:** considerando el alcance geográfico y la capacidad de respuesta logística.
- **Escenarios de crecimiento:** conservador, moderado y optimista.

4. Resultados de proyección

En un escenario moderado, se estima que la demanda potencial de concreto modular en las áreas de cobertura de Concremack S.A.S. crecerá a un ritmo promedio del 5,5% anual. Esto se traduce en un aumento acumulado aproximado del 30% en cinco años, impulsado por:

- Consolidación de proyectos de vivienda masiva.
- Incremento de infraestructura educativa y de salud.
- Sustitución progresiva de sistemas tradicionales por soluciones modulares en el sector privado.

5. Implicaciones para el abastecimiento de agregados

Este crecimiento proyectado sugiere que la demanda de agregados finos y gruesos certificados también aumentará de manera proporcional. Para conservar la competitividad y satisfacer la calidad exigida, será fundamental:

- Asegurar contratos de suministro estables con proveedores confiables.
- Fortalecer la trazabilidad y control de calidad en cada lote de agregado.
- Evaluar la ampliación de capacidad productiva y de almacenamiento para atender picos de demanda.

En resumen, la proyección de la demanda confirma que hay una tendencia continua de crecimiento para el concreto modular y sus insumos, donde Concremack S.A.S. puede fortalecer su cuota de mercado si logra asegurar disponibilidad, calidad y cumplimiento normativo en sus agregados.

2.1.3. Proyección Oferta del Mercado

La oferta de concreto modular, y en particular, de agregados finos y gruesos con calidad certificada en Colombia, está influenciada por la capacidad instalada de los productores, la

disponibilidad de materias primas, la ubicación geográfica de las fuentes de extracción, y el nivel de cumplimiento normativo de los proveedores.

1. Situación actual de la oferta

- Concremack S.A.S. posee una capacidad instalada que le permite llevar a cabo de manera continua proyectos de vivienda, infraestructura pública y soluciones industriales en los departamentos de Meta, Cundinamarca, Bogotá D.C., Antioquia y Valle del Cauca.
- En el mercado nacional, hay fabricantes de concreto modular y prefabricados que integran verticalmente su cadena de suministro, asegurando un abastecimiento propio de agregados, lo que aumenta el nivel de competencia.
- La disponibilidad de agregados certificados cambia de una región a otra. En áreas como Meta y Cundinamarca, las principales fuentes son los ríos Magdalena y Guayuribo, sin embargo, la estacionalidad de los caudales y la regulación ambiental (Decreto 1076 de 2015, Ley 99 de 1993) pueden influir en la producción.

2. Composición de la oferta en el corto y mediano plazo

Con información de Camacol (2024) y reportes de la Asociación Colombiana de Productores de Concreto (ASOCRETO), se proyecta que el suministro de concreto modular en Colombia experimentará un crecimiento promedio del 4% anual durante el quinquenio 2025–2030, con incrementos más notables en las áreas metropolitanas debido a:

- Mayor concentración de proyectos urbanísticos.
- Disponibilidad logística y de transporte para agregados y concreto premezclado.
- Cercanía a fuentes de extracción con licencias ambientales vigentes.

3. Oferta proyectada en relación con la demanda esperada

- En un escenario moderado, la oferta nacional de concreto modular y agregados de calidad certificada aumentaría a un ritmo algo más lento que el de la demanda proyectada (4% frente a 5,5% anual), lo que podría ejercer presión sobre los precios y requerir la expansión de la capacidad productiva en los próximos cinco años.
- En la región (Meta y Cundinamarca), el aumento de la oferta estará condicionado por la viabilidad de las concesiones mineras y por el cumplimiento de los requisitos normativos para la extracción de materiales.

4. Factores que pueden limitar la oferta

- Restricciones ambientales y licencias para explotación de canteras y lechos fluviales.
- Aumento en costos logísticos por alzas en combustibles y peajes.
- Competencia por la materia prima entre fabricantes de concreto premezclado, prefabricados y grandes constructoras.

5. Oportunidades para Concremack S.A.S.

- Fortalecer convenios de suministro a largo plazo con productores de agregados certificados.
- Implementar **almacenamiento estratégico** de agregados para mitigar la estacionalidad y variaciones de la oferta.
- Diferenciarse por la calidad certificada del concreto modular, alineándose con normas ASTM, INVIAS y NTC, lo que le permitiría captar parte de la demanda insatisfecha prevista.

Aunque la oferta de concreto modular y agregados certificados en Colombia se expandirá en los próximos años, es probable que no lo haga al mismo ritmo que la demanda, creando una oportunidad para que empresas como Concremack S.A.S. incrementen su participación en el

mercado mediante estrategias de aseguramiento de suministro, control de calidad y optimización logística.

2.1.4. Punto Equilibrio Oferta – Demanda del Mercado

El equilibrio entre la oferta y la demanda en el mercado de concreto modular y el suministro de agregados finos y gruesos certificados representa el volumen de producción en el que la capacidad de oferta del sector se equipara con el nivel de consumo proyectado, evitando así situaciones de déficit o excedentes significativos que impacten en los precios y la rentabilidad.

1. Marco conceptual aplicado

En este estudio, el análisis del punto de equilibrio se realiza considerando:

- **Oferta proyectada:** crecimiento anual del 4% (ASOCRETO, Camacol, 2024) para el periodo 2025–2030.
- **Demanda proyectada:** crecimiento anual del 5,5% (estimación propia con base en proyecciones sectoriales y capacidad de producción de Concremack S.A.S.).
- **Unidad de análisis:** metros cúbicos (m³) de concreto modular producidos y comercializados, y su correlación con el consumo de agregados finos y gruesos.

2. Escenario base de análisis

Para el año 2025, considerando un nivel de demanda proyectado de 100.000 m³ de concreto modular para las regiones objetivo (Meta, Cundinamarca, Bogotá D.C., Antioquia y Valle del Cauca), y una oferta disponible de 98.000 m³, la diferencia inicial es de 2.000 m³ (2% de déficit).

Aplicando las tasas de crecimiento anual:

- **Demanda en 2030:** $\approx 130.700 \text{ m}^3$

- **Oferta en 2030:** $\approx 119.300 \text{ m}^3$

Esto indica que, de no ajustarse la capacidad productiva, el déficit podría ampliarse a **11.400 m³** (8,7%) en un horizonte de cinco años.

3. Determinación del punto de equilibrio

El punto de equilibrio se situará aproximadamente en 2027, año en el que la demanda acumulada superará la oferta disponible en alrededor del 5%. Desde ese momento, el mercado empezará a experimentar tensiones en los precios y un aumento en la competencia por los agregados certificados.

4. Implicaciones estratégicas

Para que Concremack S.A.S. logre y preserve el equilibrio entre oferta y demanda en sus áreas de cobertura, será necesario:

- **Ampliar la capacidad instalada** en al menos un 6% anual desde 2025, alineada con la tendencia de crecimiento de la demanda.
- **Asegurar contratos de largo plazo** con proveedores de agregados para minimizar riesgos de desabastecimiento.
- **Optimizar la logística de distribución**, priorizando zonas de mayor demanda y menor costo de transporte.
- **Implementar control de inventarios y almacenamiento estratégico** para cubrir picos de demanda estacional.

5. Síntesis

El análisis revela que, en el escenario moderado, la demanda del mercado aumentará más rápidamente que la oferta proyectada, lo que generará un riesgo de déficit progresivo a partir de 2027. Este contexto presenta una oportunidad para que Concremack S.A.S. se establezca como

un proveedor confiable mediante la expansión de su capacidad productiva, asegurando la disponibilidad y calidad de agregados y concreto modular, y así satisfacer la demanda insatisfecha del mercado.

2.1.5. Pronóstico de Ventas y Comercialización del Producto

El pronóstico de ventas para el concreto modular fabricado por Concremack S.A.S., que utiliza agregados finos y gruesos certificados del río Magdalena y del río Guayuribo, se basa en el crecimiento esperado de la demanda (5,5% anual) y en la capacidad instalada de la empresa, además de las estrategias comerciales que cumplen con la normativa actual y las tendencias del sector construcción en Colombia.

1. Proyección de ventas

Escenario base:

- Año inicial (2025): se estima la producción y venta de 25.000 m³ de concreto modular en las regiones Meta, Cundinamarca, Bogotá D.C., Antioquia y Valle del Cauca.
- Crecimiento proyectado de ventas: **5,5% anual** (escenario moderado).

Proyección quinquenal (2025–2030):

Tabla 3. Proyección de ventas

Año	Ventas proyectadas (m³)	Variación % anual
2025	25.000	—
2026	26.375	5,5%
2027	27.825	5,5%
2028	29.356	5,5%
2029	30.973	5,5%
2030	32.681	5,5%

Fuente: Autores.

Interpretación: En este escenario, las ventas acumuladas aumentarían un 30,7% en cinco años, lo que requiere garantizar la disponibilidad de agregados de calidad y mejorar la capacidad de producción y distribución.

2. Factores que impulsan las ventas

- Incremento en la adopción de construcción modular para viviendas de interés social, proyectos industriales y obras públicas.
- Criterios de sostenibilidad aplicados en licitaciones (baja huella de carbono, trazabilidad de materiales, uso eficiente de recursos).
- Mayor confianza del mercado en los proveedores que certifican sus agregados y aseguran el cumplimiento normativo (ASTM, NTC, INVIAS).

3. Estrategia de comercialización

a. Segmentación del mercado

- **Sector público:** participación en licitaciones y contratos marco de organismos gubernamentales.
- **Sector privado:** atención a constructoras, desarrolladores y empresas industriales que necesiten soluciones rápidas y de alta calidad.
- **Clientes recurrentes:** alianzas estratégicas con empresas que demanden volúmenes constantes de concreto modular.

b. Estrategias de posicionamiento

- Diferenciación a través de la calidad certificada y el cumplimiento de normativas internacionales.

- Incorporación de atributos de sostenibilidad en la propuesta de valor (reducción de desechos, eficiencia en transporte, mínimo impacto ambiental).
- Elaboración de casos de éxito documentados que avalen el desempeño del concreto modular en obra.

c. Canales de comercialización

- **Venta directa** a través de nuestra propia fuerza comercial.
- **Contratos a largo plazo** con constructoras y operadores de infraestructura.
- **Plataformas digitales** para licitaciones y compras públicas (SECOP II).
- **Ferias y eventos sectoriales** para atraer nuevos clientes (Ej.: ExpoCamacol).

d. Estrategias de precios y fidelización

- Precios competitivos basados en un análisis de costos y valor añadido.
- Descuentos por volumen y contratos anuales.
- Programas de fidelización con beneficios logísticos (entregas programadas, asesoría técnica en diseño de mezclas).

4. Recomendaciones para asegurar el cumplimiento del pronóstico

- Implementar un plan de expansión de la capacidad productiva del 6% anual para prevenir cuellos de botella ante el crecimiento de la demanda.
- Garantizar la continuidad del suministro de agregados certificados a través de contratos a largo plazo y reservas estratégicas.
- Invertir en capacitación comercial y técnica para el equipo de ventas, integrando el lenguaje normativo y técnico como un elemento diferenciador.
- Mantener una gestión proactiva de clientes clave, priorizando relaciones con actores de alta influencia en el mercado.

2.1.6. Factores de Competencia del Mercado y Distintivos del Proyecto

El mercado de concreto modular en Colombia muestra una competencia en aumento y diversa, integrada por fabricantes establecidos, nuevos participantes que implementan tecnologías industrializadas, y empresas que realizan una integración vertical en la producción de sus insumos. En este escenario, el análisis de los factores competitivos y la definición de los elementos distintivos del proyecto son fundamentales para posicionar a Concremack S.A.S. como un referente en calidad y cumplimiento normativo.

1. Factores de competencia en el mercado

a. Número y capacidad de los competidores

- A nivel nacional, hay fabricantes con cobertura regional y nacional que disponen de plantas automatizadas y control de calidad interno.
- Algunos competidores tienen integración vertical, asegurando sus propios agregados, lo que les posibilita gestionar costos y tiempos de entrega.

b. Cumplimiento normativo y certificaciones

- El mercado valora el apego a normas internacionales (ASTM, NTC, INVIAS) y la obtención de certificaciones de calidad (ICONTEC, ISO 9001).
- Las empresas que no tienen este respaldo suelen ser excluidas de licitaciones y proyectos con requisitos técnicos rigurosos.

c. Capacidad logística y cobertura geográfica

- La proximidad a fuentes de agregados y a centros de consumo es un factor fundamental para disminuir los costos de transporte y los tiempos de entrega.
- Los competidores con varias plantas alcanzan una mayor cobertura y capacidad de respuesta.

d. Innovación y diferenciación técnica

- Algunos actores están invirtiendo en investigación y desarrollo con el objetivo de optimizar mezclas, disminuir el consumo de cemento y aumentar la resistencia del concreto modular.
- La adopción de herramientas digitales para la trazabilidad y el seguimiento de pedidos está empezando a ser un factor diferenciador.

e. Estrategias comerciales

- Programas de lealtad, precios por cantidad y contratos marco son prácticas habituales para garantizar clientes frecuentes.

2. Distintivos del proyecto

El presente proyecto de evaluación y caracterización de agregados finos y gruesos presenta ventajas competitivas que Concremack S.A.S. puede aprovechar para diferenciarse:

1. Calidad certificada de los agregados

- Evaluación sistemática de la granulometría, densidad, absorción, equivalente de arena y contenido de material fino de acuerdo con las normas ASTM C33, C127, C128, C136 y C117, INVIAS.
- Implementación de controles periódicos para asegurar la estabilidad de las propiedades físicas y morfológicas.

2. Cumplimiento normativo integral

- Alineación con NTC, normas internacionales ASTM, y normas y especificaciones INVIAS, garantizando el acceso a licitaciones y contratos que cumplen con altos estándares.

3. Enfoque en sostenibilidad

- Minimización de impactos ambientales al emplear fuentes de agregados con licencias ambientales vigentes y prácticas de extracción sostenibles.
- Potencial disminución de la huella de carbono a través de la optimización logística y el uso eficiente de recursos.

4. Optimización de mezclas para alto desempeño

- Resultados de laboratorio aplicados de manera directa al diseño de mezclas, optimizando la trabajabilidad, resistencia y durabilidad del concreto modular.

5. Capacidad de respuesta y adaptabilidad

- Posibilidad de ajustar de manera ágil las proporciones de mezcla de acuerdo a los resultados de caracterización, reduciendo así los riesgos de no conformidad en obra.

6. Soporte técnico especializado

- Acompañamiento a clientes en la elección y aplicación de concreto modular, sustentado por datos técnicos y ensayos documentados.

3. Implicaciones estratégicas

El aprovechamiento de estos distintivos permitirá a Concremack S.A.S.:

- Atraer clientes de alto valor, priorizando proyectos donde la calidad y la certificación sean requisitos fundamentales.
- Aumentar su posicionamiento competitivo frente a empresas con mayor capacidad instalada, diferenciándose por su confiabilidad y trazabilidad.
- Elevar las barreras de entrada para competidores que no inviertan en la caracterización de materiales.

2.1.7. Determinación de Precio(s) / Estrategias de Comercialización del Producto

La fijación del precio del concreto modular fabricado por Concremack S.A.S., con agregados finos y gruesos certificados, debe buscar un balance entre competitividad, cobertura de costos y margen de rentabilidad, incorporando las variables técnicas y logísticas específicas del mercado colombiano.

1. Metodología para la fijación de precios

Se adopta un enfoque **cost-plus (costo más margen)** complementado con análisis de **precio de mercado**, considerando:

- **Costos directos de producción:** adquisición y transporte de agregados, cemento, aditivos, agua, energía y mano de obra directa.
- **Costos indirectos:** depreciación de equipos, gastos administrativos y de laboratorio, control de calidad y certificaciones.
- **Costos logísticos:** transporte hasta el sitio de obra, incluyendo peajes y combustible.
- **Margen de rentabilidad objetivo:** entre 15% y 20%, en línea con los estándares del sector para productos especializados.
- **Referencia de precios del mercado:** análisis de cotizaciones de competidores en las regiones Meta, Cundinamarca, Bogotá D.C., Antioquia y Valle del Cauca.

En el contexto actual, el precio promedio de mercado para el concreto modular de alto desempeño en Colombia varía entre \$390.000 y \$430.000 COP/m³ (2025), según las especificaciones técnicas y la ubicación de entrega.

2. Estrategia de precios

a. Estrategia base:

- Mantener precios competitivos que estén alineados con el promedio del mercado, ofreciendo un valor agregado basado en la calidad certificada de los agregados y el cumplimiento de la normativa.

b. Precios diferenciados según segmento y condiciones de entrega:

- **Proyectos de gran volumen:** descuentos escalonados por m³ a partir de contratos superiores a 2.000 m³.
- **Clientes recurrentes:** tarifas preferenciales y beneficios logísticos (entregas programadas, priorización en producción).
- **Obras con exigencias técnicas especiales:** precios ajustados que reconozcan el valor adicional de mezclas diseñadas a la medida y con trazabilidad certificada.

c. Ajustes periódicos:

- Revisión trimestral del precio considerando variaciones en los costos de insumos (cemento, agregados, combustibles) y las condiciones del mercado.

3. Estrategias de comercialización

a. Enfoque B2B especializado:

- Atención personalizada a constructoras, empresas de ingeniería y entidades gubernamentales.
- Presentaciones técnicas y demostraciones del rendimiento del concreto modular.

b. Canales de distribución:

- Venta directa mediante nuestro equipo comercial.
- Participación en SECOP II y plataformas de compras públicas para atraer proyectos de obra pública.

- Alianzas estratégicas con distribuidores y contratistas que incorporen el concreto modular en sus proyectos.

c. Promoción y posicionamiento:

- Destacar el cumplimiento de normas ASTM, INVIAS y NTC, junto con los resultados de caracterización de agregados, como elementos distintivos.
- Campañas de marketing técnico en ferias del sector (Ej.: ExpoCamacol) y en medios especializados.
- Difusión de casos de éxito que demuestren la reducción de tiempos y costos en comparación con sistemas constructivos tradicionales.

d. Fidelización de clientes:

- Programas de incentivos para clientes habituales (bonos por volumen, asesoría técnica sin costo en nuevos proyectos).
- Plataforma de atención postventa que monitorea el comportamiento del concreto en el sitio de trabajo.

4. Implicaciones estratégicas

Con esta política de precios y estrategias de comercialización, Concremack S.A.S. podrá:

- Mantener una posición competitiva frente a productores de mayor escala.
- Captar clientes que valoren la calidad y el cumplimiento normativo por encima del precio más bajo.
- Asegurar la continuidad de ventas mediante contratos a largo plazo y programas de lealtad.
- Fortalecer su presencia en segmentos de alto valor, como proyectos industriales y obras públicas con criterios de sostenibilidad.

2.2. Estudio Técnico

2.2.1. Definición Técnica y Conceptual del Proyecto – Producto

El presente proyecto se centra en la producción y suministro de concreto modular elaborado por Concremack S.A.S., utilizando agregados finos y gruesos certificados que provienen de fuentes autorizadas (río Magdalena y río Guayuribo), y que cumplen con los estándares técnicos y normativos vigentes en Colombia.

La iniciativa se basa en la caracterización y el control de calidad de los materiales, con el objetivo de asegurar un concreto modular de alto rendimiento, optimizado para proyectos de construcción industrializada, que exigen precisión dimensional, resistencia mecánica uniforme y una durabilidad prolongada.

1. Concepto del producto

El producto principal es concreto hidráulico para sistemas modulares industrializados, elaborado y fabricado de acuerdo a especificaciones técnicas que cumplen o superan los requisitos establecidos en:

- **Normas Técnicas Colombianas (NTC)** aplicables.
- **Normas ASTM** para agregados y concreto (C33, C127, C128, C136, C117, entre otras).
- Normas y especificaciones **INVIAS**.
- **Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)**.

Este concreto modular se produce a partir de un diseño de mezcla optimizado, donde las propiedades granulométricas, de densidad, absorción y morfología de los agregados son reguladas a través de protocolos de ensayo estandarizados.

2. Características técnicas principales

- **Tipo de cemento:** Portland tipo I o tipo III según especificaciones de resistencia inicial.

- **Agregados finos:** arena natural lavada del río Magdalena, con control de granulometría, equivalente de arena $\geq 75\%$, y contenido de finos $\leq 3\%$ en peso.
- **Agregados gruesos:** grava triturada del río Guayuribo, con partículas cúbicas y rugosas, absorción $\leq 2\%$ y resistencia a la abrasión (Los Ángeles) $\leq 30\%$.
- **Relación agua/cemento (a/c):** ajustada según diseño para resistencia a compresión mínima de 28 MPa a 28 días.
- **Aditivos:** inclusores de aire, reductores de agua y plastificantes de alto rango, según necesidad del proyecto.
- **Consistencia:** medida por asentamiento (slump) según ASTM C143, y normas y especificaciones INVIAS, con rangos ajustados a condiciones de producción modular.

3. Usos y aplicaciones del producto

El concreto modular desarrollado se orienta a:

- Elementos prefabricados estructurales (vigas, columnas, losas, muros).
- Elementos no estructurales (cerramientos, divisiones, fachadas arquitectónicas).
- Componentes modulares para vivienda de interés social, infraestructura educativa, sanitaria e industrial.

La versatilidad del producto permite adaptarlo a proyectos que demanden:

- Montaje rápido en obra.
- Alta resistencia temprana.
- Acabados superficiales uniformes y control dimensional.

4. Ventajas técnicas y competitivas

- **Uniformidad en la resistencia** gracias a la caracterización continua de agregados y control de procesos.

- **Compatibilidad con sistemas modulares** que requieren tolerancias estrictas en dimensiones y resistencias.
- **Durabilidad superior** frente a ambientes agresivos, al controlar el contenido de finos, impurezas y la absorción de los agregados.
- **Sostenibilidad** mediante el uso de fuentes autorizadas, optimización de mezclas y reducción de desperdicios.

5. Alineación con buenas prácticas de gerencia de proyectos (PMBOK® 7ª edición)

El desarrollo del producto se integra al ciclo de vida del proyecto mediante:

- **Gestión de la calidad:** control de materias primas, procedimientos de ensayo, calibración de equipos y verificación de especificaciones.
- **Gestión de adquisiciones:** selección de proveedores certificados y contratos que aseguren la trazabilidad del material.
- **Gestión de riesgos:** mitigación de riesgos de no conformidad y variabilidad de agregados mediante planes de contingencia.

En resumen, el proyecto establece un producto especializado que no solo satisface los estándares técnicos necesarios para el concreto modular, sino que también integra un enfoque de mejora continua y sostenibilidad, posicionando a Concremack S.A.S. como un proveedor confiable y competitivo en el mercado nacional.

2.2.2. Ingeniería del Proyecto – Procesos Productivos

La ingeniería de este proyecto se enfoca en el diseño, control y optimización de los procesos productivos para la elaboración de concreto modular industrializado por Concremack S.A.S., utilizando agregados finos y gruesos que han sido previamente caracterizados y certificados de acuerdo con normas nacionales e internacionales.

El objetivo es asegurar un producto final que tenga resistencia mecánica uniforme, durabilidad extendida, compatibilidad con sistemas modulares y que cumpla con las especificaciones técnicas establecidas en las normas NTC, INVIAS, ASTM y en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).

1. Flujo general del proceso productivo

1. Recepción y almacenamiento de agregados

- Recepción de agregados finos (arena del río Magdalena) y gruesos (grava del río Guayuribo) con certificados de origen y licencias ambientales actualizadas.
- Verificación de documentos de trazabilidad y licencias de extracción.
- Ensayos de control de calidad en laboratorio (granulometría, humedad, densidad, absorción).
- Almacenamiento en silos o áreas cubiertas, segregadas por tipo y tamaño de material.

2. Dosificación de materiales

- Cálculo exacto de las proporciones de cemento, agregados, agua y aditivos conforme al diseño de mezcla optimizada.
- Uso de sistemas de pesaje calibrados para asegurar precisión en la dosificación.

3. Mezclado

- Incorporación secuencial de áridos, cemento, agua y aditivos en una planta mezcladora de alta capacidad.
- Control del tiempo de mezcla y la homogeneidad de la mezcla conforme a la norma ASTM C94, y normas y especificaciones INVIAS.

4. Moldeo y conformado

- Llenado de los moldes de acero o polímero reforzado con concreto, que han sido lubricados previamente para prevenir adherencias.
- Vibración mecánica o mediante mesa vibratoria para lograr la compactación, eliminando huecos y optimizando la cohesión.

5. Curado

- Implementación de curado controlado (cámara húmeda o membranas de curado) para garantizar una hidratación óptima y una resistencia temprana.
- Monitoreo de temperatura y humedad relativa conforme a las especificaciones técnicas.

6. Desmoldeo y control dimensional

- Extracción cuidadosa de los elementos modulares una vez que se alcanza la resistencia mínima de desmoldeo.
- Medición de dimensiones y verificación visual para identificar posibles defectos.

7. Ensayos de control de calidad final

- Ensayos de resistencia a compresión (ASTM C39) en probetas tomadas de cada lote de producción.
- Evaluación de absorción y densidad (ASTM C642).
- Registro de resultados en el sistema de trazabilidad interna.

8. Almacenamiento de producto terminado

- Apilamiento seguro en áreas de almacenamiento con espacio entre los objetos para prevenir daños.
- Resguardo contra condiciones climáticas severas.

9. Despacho y transporte

- Planificación logística basada en la ruta y el destino.
- Carga y transporte utilizando estibas o soportes que prevengan movimientos bruscos y fisuras.

2. Controles de calidad en cada etapa

- **En la recepción de agregados:** verificación de granulometría, humedad y contenido de material fino.
- **En la dosificación:** control de exactitud en pesajes y proporciones.
- **En el mezclado:** revisión visual y medición del asentamiento (slump) para consistencia adecuada.
- **En el curado:** control de temperatura y humedad, registro diario en bitácoras.
- **En el producto terminado:** ensayos mecánicos, inspección visual y verificación dimensional.

3. Equipos y tecnología empleada

- Planta mezcladora con capacidad mínima de 1 m³ por ciclo.
- Básculas electrónicas calibradas para agregados, cemento y agua.
- Moldes metálicos estandarizados.
- Mesas vibratorias y vibradores internos.
- Cámaras de curado con control automático de humedad y temperatura.
- Laboratorio de materiales acreditado para ensayos NTC, INVIAS y ASTM.

4. Innovaciones incorporadas en el proceso

- Sistema de trazabilidad digital desde la recepción de materiales hasta la entrega del producto.

- Ajustes automáticos en la dosificación según la humedad de los agregados, para mantener constante la relación agua/cemento.
- Protocolos de control preventivo para reducir no conformidades y desperdicios.
- Optimización del diseño de mezcla basado en los resultados de caracterización física y morfológica de los agregados.

5. Alineación con PMBOK® 7ª edición

En el marco de la gerencia de proyectos, el proceso productivo se alinea con:

- **Gestión de la calidad:** implementación de procesos estandarizados y controlados.
- **Gestión de adquisiciones:** contratación de proveedores certificados.
- **Gestión de riesgos:** identificación de fallos potenciales en el proceso y aplicación de planes de respuesta.

La ingeniería del proyecto combina un sistema de producción eficiente, controlado y sostenible, asegurando que cada elemento modular cumpla con las especificaciones técnicas y de calidad exigidas por el mercado, al mismo tiempo que optimiza costos y plazos de fabricación.

2.2.3. *Tamaño del Proyecto*

El tamaño del proyecto se refiere a la capacidad productiva óptima de Concremack S.A.S. para la elaboración de concreto modular industrializado con agregados finos y gruesos certificados, teniendo en cuenta la demanda proyectada, la capacidad instalada, la disponibilidad de insumos y las limitaciones técnicas, logísticas y económicas.

1. Capacidad instalada actual

- **Planta de producción:** capacidad nominal de **30.000 m³/año** de concreto modular, distribuida en un turno de 8 horas diarias y 5 días a la semana.

- **Equipos principales:** planta mezcladora con capacidad de 1 m³/ciclo, sistema de dosificación automatizado, mesas vibratorias, cámaras de curado y laboratorio de control de calidad.
- **Recursos humanos:** equipo de producción integrado por operarios de planta, técnicos de laboratorio, supervisor de calidad y coordinador de producción.
- **Abastecimiento de agregados:** contratos vigentes con proveedores certificados del río Magdalena (arena) y del río Guayuribo (grava).

2. Demanda proyectada

Con base en el crecimiento previsto del 5,5% anual en ventas (ver punto 2.1.5), la demanda de concreto modular pasaría de 25.000 m³ en 2025 a cerca de 32.681 m³ en 2030.

Esto significa que, hacia el final del periodo proyectado, la demanda superaría la capacidad instalada actual en un 9%, lo que generaría un riesgo de incumplimiento en las entregas o de pérdida de oportunidades comerciales.

3. Determinación del tamaño óptimo

Para satisfacer la demanda proyectada y mantener un margen de capacidad de reserva del 5% (recomendación del PMBOK® en gestión de recursos), la capacidad anual requerida sería:

$$\text{Capacidad óptima 2030} = \text{Demanda proyectada} * 1,05$$

$$\text{Capacidad óptima 2030} \approx 32.681\text{m}^3 * 1,05 \approx 34.315\text{m}^3/\text{año}$$

Esto representa un incremento del **14,4%** sobre la capacidad actual (30.000 m³/año).

4. Estrategias para ajustar el tamaño del proyecto

- **Ampliación de turnos de producción:** implementar un segundo turno en picos de demanda para aumentar la producción hasta en un 20% sin grandes inversiones iniciales.

- **Optimización de procesos:** reducción de tiempos de mezclado y curado mediante aditivos acelerantes y mejoras en la programación de producción.
- **Inversión en capacidad adicional:** adquisición de una planta mezcladora secundaria o incremento de la capacidad de la actual, permitiendo superar los 35.000 m³/año.
- **Subcontratación estratégica:** acuerdos con plantas aliadas para atender pedidos excedentes en casos puntuales.

5. Factores limitantes del tamaño

- Disponibilidad de agregados certificados con licencias ambientales vigentes.
- Restricciones logísticas para el transporte a zonas de difícil acceso.
- Variabilidad en la demanda según el comportamiento del sector construcción y la ejecución de proyectos públicos.

6. Justificación del tamaño propuesto

El tamaño óptimo proyectado asegura:

- Cobertura total de la demanda estimada para 2030.
- Capacidad de respuesta ante incrementos no previstos.
- Reducción del riesgo de incumplimiento en contratos de gran volumen.
- Mantenimiento de un equilibrio entre **eficiencia operativa** y **rentabilidad**, evitando sobredimensionar la planta innecesariamente.

En resumen, el tamaño del proyecto debe incrementarse de manera gradual desde 30.000 m³/año en 2025 hasta alcanzar al menos 34.315 m³/año en 2030, a través de un plan escalonado que integre la optimización de procesos, la ampliación de turnos y la inversión en capacidad adicional, asegurando así la sostenibilidad operativa y competitiva de Concremack S.A.S.

2.2.4. Localización del Proyecto

La ubicación del proyecto se refiere al sitio donde Concremack S.A.S. lleva a cabo la producción de concreto modular industrializado, teniendo en cuenta la disponibilidad de materias primas, la cercanía a los mercados objetivos, la infraestructura de transporte y las condiciones normativas y ambientales pertinentes.

1. Ubicación actual

- **Planta principal:** ubicada en el municipio de **Villavicencio, Meta, Colombia.**
- **Coordenadas aproximadas:** 4°09'N, 73°38'O.
- **Entorno geográfico:** zona industrial con acceso a vías principales que conectan con Bogotá, la región del Llano y otros mercados regionales.
- **Infraestructura interna:** planta mezcladora, área de almacenamiento de agregados cubiertos, laboratorio de control de calidad, oficinas administrativas y patios de acopio de producto terminado.

2. Factores determinantes de la localización

a. Disponibilidad de insumos

- Proximidad a las fuentes de agregados certificados:
 - Arena natural lavada del río Magdalena.
 - Grava triturada del río Guayuribo.
- Contratos con proveedores autorizados que reducen costos de transporte y aseguran trazabilidad del material.

b. Acceso a mercados

- La ubicación en Villavicencio permite cobertura eficiente hacia:
 - **Meta y Orinoquía** (mercado primario).

- **Bogotá y Cundinamarca** a través de la vía al Llano.
- Posible proyección hacia Tolima y Casanare.

c. Infraestructura vial y logística

- Conexión directa a la carretera Bogotá–Villavicencio (Ruta Nacional 40).
- Disponibilidad de transporte de carga pesada y patios de maniobra para logística de despacho.

d. Condiciones normativas y ambientales

- Cumplimiento de normativas ambientales vigentes (Ley 99 de 1993, Decreto 1076 de 2015) y regulaciones locales sobre uso de suelo.
- Licencias y permisos para operación industrial otorgados por la autoridad ambiental competente (Cormacarena).

3. Ventajas de la localización actual

- Proximidad a las fuentes de agregados, lo que disminuye costos logísticos y tiempos de aprovisionamiento.
- Ubicación estratégica para servir tanto a mercados regionales como a la capital del país.
- Disponibilidad de mano de obra calificada en la zona y servicios industriales complementarios.
- Infraestructura vial adecuada para el transporte de materiales y productos terminados.

4. Limitaciones y retos

- Dependencia de un único corredor vial principal (Bogotá–Villavicencio), vulnerable a cierres por deslizamientos o mantenimiento.
- Estacionalidad en la producción y extracción de agregados debido a condiciones climáticas (aumento de ríos).

- Competencia en aumento en la región por el acceso a agregados de calidad.

5. Justificación de la localización

La ubicación de la planta en Villavicencio es clave para optimizar la eficiencia logística, asegurar la disponibilidad constante de insumos y proporcionar tiempos de entrega competitivos en los principales mercados objetivo. Esta localización también ayuda a disminuir la huella de carbono relacionada con el transporte, alineándose con las políticas de sostenibilidad del proyecto.

En resumen, la ubicación actual es ideal para el desarrollo del proyecto a corto y mediano plazo, aunque se sugiere implementar planes de contingencia logística y fuentes alternativas de agregados para reducir riesgos relacionados con interrupciones en el transporte o fluctuaciones en la disponibilidad de materiales.

2.2.5. Organización del Proyecto

La organización del proyecto define la estructura jerárquica, así como los roles y responsabilidades que son esenciales para planificar, ejecutar, controlar y concluir con éxito la producción y suministro de concreto modular industrializado con agregados certificados por parte de Concremack S.A.S.

Su diseño tiene como objetivo asegurar una coordinación efectiva entre las áreas técnicas, operativas, administrativas y comerciales, cumpliendo con los estándares de calidad, los plazos y los costos establecidos en el plan de proyecto.

1. Estructura organizacional adoptada

Se establece una estructura matricial equilibrada, que facilita la integración de las competencias de cada área funcional con la autoridad del gerente del proyecto, mejorando así la utilización de recursos y la toma de decisiones.

Ventajas de la estructura matricial balanceada:

- Comunicación fluida entre las áreas.
- Flexibilidad para asignar personal a actividades específicas.
- Integración del conocimiento técnico y de gestión de proyectos.

2. Roles y responsabilidades principales**a. Dirección del proyecto**

- **Gerente del Proyecto (Project Manager)**
 - Responsable de la planificación, seguimiento y control integral del proyecto.
 - Coordina las áreas de producción, calidad, compras, logística y comercial.
 - Toma decisiones estratégicas en conjunto con la alta gerencia.

b. Área técnica y de producción

- **Ingeniero de Materiales**
 - Diseña las mezclas y verifica el cumplimiento de normas (ASTM, INVIAS, NTC, NSR-10).
 - Supervisa los ensayos de laboratorio y valida los resultados de resistencia y durabilidad.
- **Jefe de Planta**
 - Controla la producción diaria de concreto modular.
 - Coordina el personal de planta, técnicos y operadores de maquinaria.

c. Área de calidad

- **Coordinador de Calidad**
 - Implementa el plan de control de calidad en cada etapa del proceso.

- Registra y analiza resultados de ensayos, detecta no conformidades y propone acciones correctivas.

d. Área de adquisiciones y logística

- **Jefe de Compras**

- Gestiona contratos con proveedores certificados de agregados y cemento.
- Controla el inventario de insumos y repuestos.

- **Coordinador Logístico**

- Planifica las rutas de entrega y asegura el cumplimiento de tiempos de transporte.

e. Área comercial

- **Gerente Comercial**

- Desarrolla estrategias de captación y fidelización de clientes.
- Negocia contratos de suministro y coordina campañas de promoción técnica.

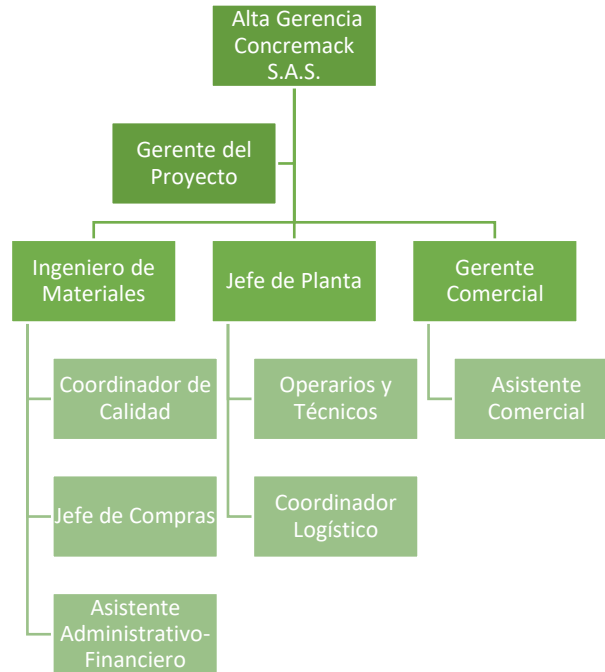
f. Soporte administrativo

- **Asistente Administrativo-Financiero**

- Administra el presupuesto del proyecto y controla el flujo de caja.
- Gestiona reportes financieros y pagos a proveedores.

3. Organigrama del proyecto

Figura 5. Organigrama del proyecto



Fuente: Autores.

4. Mecanismos de coordinación

- **Reuniones semanales de seguimiento** para evaluar el avance físico y financiero.
- **Informes quincenales de calidad** con resultados de ensayos y análisis comparativo con normas.
- **Plataforma digital interna** para control de documentos, actas y trazabilidad de entregas.
- **Procedimientos de comunicación formal** definidos en el plan de gestión de comunicaciones del proyecto.

5. Alineación con PMBOK® 7ª edición

La organización del proyecto cumple con los principios de **gobernanza del proyecto**, asegurando:

- Asignación clara de roles y responsabilidades.
- Autoridad suficiente para la toma de decisiones.

- Integración entre áreas técnicas y de gestión.
- Mecanismos de control y retroalimentación continua.

En resumen, la estructura organizacional sugerida para el proyecto asegura un flujo efectivo de información, coordinación entre las distintas áreas y el cumplimiento de objetivos, lo cual favorece la calidad y sostenibilidad de la producción de concreto modular en Concremack S.A.S.

2.2.6. Requerimiento Para el Desarrollo del Proyecto

El desarrollo del proyecto para la producción de concreto modular industrializado, utilizando agregados finos y gruesos certificados en Concremack S.A.S., requiere la identificación y provisión de recursos materiales, humanos, tecnológicos, financieros y normativos necesarios para asegurar el cumplimiento de los objetivos en cuanto a calidad, plazos y costos.

Estos requerimientos se organizan de acuerdo con las áreas de conocimiento del PMBOK® 7ª edición y teniendo en cuenta el marco regulatorio colombiano que aplica al sector de la construcción y la producción de materiales.

1. Requerimientos de recursos materiales y técnicos

- **Agregados certificados:**
 - Arena natural lavada del río Magdalena.
 - Grava triturada del río Guayuribo.
 - Certificación de calidad conforme a normas ASTM C33, INVIAS y NTC 174.
- **Cemento:** Portland Tipo I o III, según requerimientos de resistencia inicial.
- **Aditivos químicos:** reductores de agua, superplastificantes, inclusores de aire, conforme a NTC 1299.

- **Planta de producción:** mezcladora de 1 m³ por ciclo, básculas calibradas, silos de almacenamiento, sistemas de transporte interno y mesas vibratorias.
- **Laboratorio de control de calidad:** equipos para ensayos de granulometría, densidad, absorción, equivalente de arena, slump, resistencia a compresión y abrasión Los Ángeles.
- **Infraestructura de almacenamiento:** patios y bodegas cubiertas para agregados e insumos.

2. Requerimientos de recursos humanos

- **Gerente del proyecto:** con competencias en gestión de proyectos y conocimiento del sector de la construcción.
- **Ingeniero de materiales:** responsable del diseño de mezclas y supervisión técnica.
- **Coordinador de calidad:** encargado de implementar los procedimientos de ensayo y verificación.
- **Operarios y técnicos de planta:** con experiencia en producción de concreto y manejo de maquinaria.
- **Personal de logística y transporte:** para la entrega oportuna del producto terminado.
- **Equipo administrativo y financiero:** para gestión de compras, contratos y control presupuestal.

3. Requerimientos financieros

- **Inversión inicial y capital de trabajo** para cubrir:
 - Adquisición y transporte de insumos.
 - Mantenimiento preventivo y correctivo de equipos.
 - Costos de certificaciones y auditorías externas.
 - Nómina y gastos operativos en la etapa de ejecución.

- **Fuentes de financiamiento:** recursos propios, créditos comerciales o líneas de financiación del sector productivo (Bancoldex, Finagro para proyectos industriales).

4. Requerimientos tecnológicos

- **Sistema de gestión de producción** para control de inventarios, seguimiento de pedidos y trazabilidad de materiales.
- **Software de diseño de mezclas** que permita optimizar la relación agua/cemento y seleccionar proporciones óptimas de agregados.
- **Plataforma de gestión documental** para mantener registros de calidad, licencias y reportes técnicos.

5. Requerimientos normativos y legales

- Cumplimiento de **normas técnicas**:
 - ASTM C33, C39, C94, C136, C127, C128, C117.
 - Normas y especificaciones INVIAS.
 - NTC 174, NTC 1299 y demás aplicables.
- Cumplimiento del **Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)**.
- Licencias y permisos ambientales vigentes para la explotación de agregados (Ley 99 de 1993, Decreto 1076 de 2015).
- Registro de la planta productora ante entes de control cuando sea exigido por normativas sectoriales.

6. Requerimientos de gestión y control

- **Plan de gestión de calidad** con procedimientos documentados de control en cada etapa del proceso productivo.

- **Plan de gestión de riesgos** que incluya medidas para mitigar la variabilidad en la calidad de agregados y posibles interrupciones logísticas.
- **Indicadores de desempeño (KPIs)** para seguimiento de productividad, calidad y cumplimiento de plazos.

En resumen, el éxito del proyecto se basará en la correcta provisión y coordinación de estos requisitos, garantizando que cada recurso esté accesible en el momento adecuado y con la calidad necesaria para mantener una operación eficiente y competitiva.

2.2.7. Supuestos y Restricciones del Proyecto

En el contexto de la planificación y ejecución del proyecto para la producción de concreto modular industrializado con agregados finos y gruesos certificados por Concremack S.A.S., es esencial identificar los supuestos (condiciones que se consideran verdaderas para efectos de la planeación) y las restricciones (limitaciones o condicionantes que afectan el alcance, el cronograma o el costo del proyecto).

Esta identificación está alineada con las buenas prácticas de la Guía PMBOK® 7ª edición, ya que facilita la gestión anticipada de riesgos asociados a cambios en el entorno o al incumplimiento de condiciones previstas.

1. Supuestos del proyecto

- Disponibilidad continua de agregados certificados procedentes de las fuentes actuales (río Magdalena y río Guayuribo), con licencias ambientales vigentes durante toda la ejecución.
- Estabilidad de la demanda proyectada con un crecimiento anual del 5,5%, impulsada por proyectos públicos y privados que utilizan sistemas modulares.

- Accesibilidad vial permanente desde la planta de producción en Villavicencio hacia los mercados objetivo, especialmente la carretera Bogotá–Villavicencio.
- Cumplimiento de las especificaciones técnicas de agregados y concreto en cada lote de producción, de acuerdo con las normas ASTM, INVIAS y NTC aplicables.
- Disponibilidad de mano de obra calificada en la región para satisfacer los requerimientos de producción y control de calidad.
- Mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria realizado de acuerdo con el plan, evitando paradas prolongadas en la producción.
- Estabilidad normativa en relación a licencias ambientales, reglamentos técnicos y requisitos para el concreto estructural.
- Disponibilidad oportuna de aditivos y cemento a precios de mercado, sin interrupciones en la cadena de suministro.

2. Restricciones del proyecto

- Capacidad instalada inicial limitada a 30.000 m³/año, lo que requiere optimización de procesos y posible expansión para satisfacer la demanda proyectada hacia 2030.
- Dependencia de un único corredor vial principal (Bogotá–Villavicencio), vulnerable a cierres temporales por deslizamientos o mantenimiento, lo que puede afectar la distribución.
- Condiciones climáticas que pueden interferir con la extracción y el transporte de agregados, especialmente durante temporadas de lluvias intensas.
- Disponibilidad limitada de fuentes de agregados certificados cercanas a la planta, lo que puede incrementar los costos logísticos si se necesitan fuentes alternativas.

- Restricciones ambientales y regulatorias para la explotación de materiales pétreos y operación de la planta, que pueden implicar auditorías o ajustes en los procesos.
- Competencia creciente en el mercado de concreto modular con actores que cuentan con integración vertical y mayor capacidad de producción.
- Presupuesto definido que limita la inversión inicial en expansiones o adquisición de nuevos equipos en el corto plazo.
- Tiempos de entrega estrictos establecidos en contratos, que reducen el margen para retrasos en producción o transporte.

3. Implicaciones para la gestión del proyecto

- Una adecuada gestión de riesgos será fundamental para reducir los impactos de las restricciones identificadas, especialmente en logística y aprovisionamiento.
- Los supuestos clave deberán ser validados y monitoreados a lo largo de la ejecución, para ajustar la planificación si alguna condición prevista se altera.
- Será esencial priorizar acuerdos de suministro y planes de contingencia logística para disminuir riesgos operativos y contractuales.

En resumen, el éxito del proyecto se basará en la validez de los supuestos planteados y en la implementación de estrategias de mitigación para las restricciones identificadas, garantizando de esta manera la continuidad operativa, la calidad del producto y la satisfacción del cliente final.

2.3. Estudio Financiero

2.3.1. Estimación del Valor de la Inversión del Proyecto

La valoración del valor de la inversión del proyecto implica el cálculo de los recursos financieros necesarios para la implementación y funcionamiento del sistema de producción de concreto modular industrializado con agregados finos y gruesos certificados en Concremack.

Este cálculo abarca tanto las inversiones iniciales como el capital de trabajo requerido para asegurar la continuidad de las operaciones en la etapa inicial del proyecto.

1. Componentes de la inversión

a. Inversión en infraestructura y adecuaciones

- Adecuación de planta y patios de almacenamiento: \$ 250.000.000
- Construcción de bodegas cubiertas para agregados y producto terminado: \$ 180.000.000
- Obras eléctricas e hidráulicas complementarias: \$ 70.000.000

Subtotal infraestructura: \$ 500.000.000

b. Inversión en equipos y maquinaria

- Planta mezcladora (capacidad 1 m³/ciclo): \$ 320.000.000
- Básculas electrónicas calibradas (cemento, agregados y agua): \$ 40.000.000
- Mesas vibratorias y vibradores internos: \$ 45.000.000
- Moldes metálicos estandarizados para prefabricados: \$ 60.000.000
- Cámaras de curado controladas: \$ 80.000.000
- Vehículos y maquinaria de apoyo logístico (montacargas, cargador): \$ 120.000.000

Subtotal equipos y maquinaria: \$ 665.000.000

c. Inversión en laboratorio y control de calidad

- Equipos de granulometría, densidad, absorción y equivalente de arena: \$ 35.000.000

- Prensas hidráulicas para ensayos de resistencia a compresión: \$ 70.000.000
- Equipos de absorción, slump test y Los Ángeles: \$ 45.000.000

Subtotal laboratorio: \$ 150.000.000

d. Inversión en tecnología y sistemas de información

- Software de diseño de mezclas y simulación: \$ 25.000.000
- Sistema de trazabilidad digital e inventarios: \$ 20.000.000
- Plataforma de gestión documental y comunicaciones: \$ 15.000.000

Subtotal tecnología: \$ 60.000.000

e. Inversión en capital humano y capacitación

- Programas de formación en control de calidad, seguridad industrial y operación de planta:
\$ 30.000.000
- Capacitación en gestión de proyectos y normas técnicas: \$ 15.000.000

Subtotal talento humano: \$ 45.000.000

f. Capital de trabajo inicial

- Compra inicial de insumos (cemento, agregados, aditivos): \$ 120.000.000
- Gastos operativos de los tres primeros meses (nómina, transporte, servicios públicos): \$
200.000.000

Subtotal capital de trabajo: \$ 320.000.000

2. Resumen de inversión estimada

Tabla 4. Resumen de inversión estimada

Concepto	Valor estimado (COP)
Infraestructura	\$ 500.000.000

Equipos y maquinaria	\$ 665.000.000
Laboratorio y control de calidad	\$ 150.000.000
Tecnología y sistemas	\$ 60.000.000
Talento humano y capacitación	\$ 45.000.000
Capital de trabajo inicial	\$ 320.000.000
Total inversión estimada	\$1.740.000.000

Fuente: Autores.

3. Consideraciones estratégicas

- La inversión prevista se justifica por la necesidad de aumentar la capacidad instalada (actualmente 30.000 m³/año) para satisfacer la demanda proyectada de 34.315 m³/año hacia 2030.
- La asignación de recursos a laboratorio y control de calidad representa una ventaja competitiva, ya que permite diferenciar el producto por trazabilidad y cumplimiento normativo.
- La incorporación de tecnología en gestión documental y trazabilidad refuerza la eficiencia administrativa y comercial de la empresa.

El valor proyectado de la inversión para el desarrollo del proyecto suma \$1.740 millones de pesos colombianos, distribuidos en infraestructura, maquinaria, laboratorio, tecnología, talento humano y capital de trabajo. Esta cifra sirve como base para los análisis posteriores de costos operativos, fuentes de financiación y proyecciones financieras.

2.3.2. Definición y Determinación de Costos y Gastos de Operación

El presente punto identifica, clasifica y estima los costos y gastos de operación del proyecto de producción de concreto modular industrializado con agregados certificados en Concremack S.A.S., teniendo en cuenta los lineamientos de la gerencia de proyectos (PMBOK® 7ª edición) y las prácticas financieras aplicadas al sector de la construcción en Colombia.

El análisis abarca los costos fijos (que no dependen del volumen de producción) y los costos variables (directamente relacionados con la cantidad producida), así como los gastos administrativos y comerciales indispensables para mantener la operación.

1. Clasificación de los costos operativos

a. Costos fijos de operación

Son aquellos que se mantienen relativamente estables en el corto plazo, sin importar la cantidad de concreto que se produzca:

- Arrendamiento y mantenimiento de planta y oficinas: \$ 25.000.000 / mes.
- Sueldos de personal administrativo y directivo: \$ 40.000.000 / mes.
- Seguros industriales y de transporte: \$ 6.000.000 / mes.
- Servicios públicos (agua, energía, gas, internet): \$ 8.000.000 / mes.
- Amortización y depreciación de equipos: \$ 15.000.000 / mes.

Subtotal mensual costos fijos: \$ 94.000.000

Subtotal anual costos fijos: \$ 1.128.000.000

b. Costos variables de operación

Dependen del volumen de producción, expresados por m³ de concreto modular:

- Cemento (aprox. 300 kg/m³): \$ 95.000
- Arena lavada (0,45 m³): \$ 30.000

- Grava triturada (0,55 m³): \$ 35.000
- Agua y aditivos químicos: \$ 15.000
- Mano de obra directa por m³ producido: \$ 20.000
- Energía y combustibles asociados a producción: \$ 10.000
- Logística interna y transporte de insumos: \$ 18.000

Costo variable unitario aproximado (por m³): \$ 223.000

Si se estima una producción de **25.000 m³/año (2025)**, el costo variable anual sería:

$$25.000m^3 * \frac{223.000COP}{m^3} \approx 5.575.000.000COP$$

c. Gastos administrativos y comerciales

Son los asociados a gestión, mercadeo y fidelización de clientes:

- Sueldos de personal comercial: \$ 18.000.000 / mes.
- Gastos de representación y viajes: \$ 4.000.000 / mes.
- Promoción y marketing sectorial: \$ 3.000.000 / mes.
- Costos de licitaciones, certificaciones y registros: \$ 2.000.000 / mes.

Subtotal mensual: \$ 27.000.000

Subtotal anual: \$ 324.000.000

2. Resumen de costos de operación estimados (anual)

Tabla 5. Resumen de costos de operación estimados (anual)

Concepto	Valor anual (COP)
Costos fijos de operación	\$ 1.128.000.000
Costos variables (25.000 m³/año)	\$ 5.575.000.000
Gastos administrativos y comerciales	\$ 324.000.000

Total costos y gastos anuales	\$ 7.027.000.000
--------------------------------------	-------------------------

Fuente: Autores.

3. Consideraciones estratégicas

- La estructura de costos muestra que el 79% del total está compuesto por costos variables, siendo el cemento y los agregados los principales componentes.
- Esto significa que una gestión efectiva de proveedores y logística es fundamental para mejorar la rentabilidad.
- Los costos fijos y administrativos representan el 21% del total, lo que indica un nivel controlado de gastos indirectos.
- La empresa debe implementar economías de escala, ya que un aumento en la producción por encima de 30.000 m³ anuales diluiría los costos fijos y aumentaría el margen de contribución.

4. Implicaciones para la gestión financiera del proyecto

- Es necesario establecer contratos de suministro a largo plazo para cemento y agregados con el objetivo de reducir el riesgo de aumentos en los precios.
- Se sugiere implementar un sistema de costeo por órdenes de producción, que permita determinar la rentabilidad de cada lote de concreto modular.
- La gestión de transporte y logística debe ser mejorada para evitar costos adicionales que resulten de cierres viales o fluctuaciones en los precios de combustibles.

En resumen, se estima que los costos y gastos operativos anuales del proyecto alcanzan los \$7.027 millones de pesos colombianos, destacando los costos variables como los más significativos. Esta información sirve como fundamento para el análisis de las fuentes de financiación, el flujo de caja y la rentabilidad del proyecto.

2.3.3. Determinación de Fuentes de Financiación, Costo de Capital y Uso de Fondos

El financiamiento del proyecto de producción de concreto modular industrializado con agregados certificados en Concremack S.A.S. implica la identificación de las fuentes de recursos disponibles, el cálculo del costo de capital y la definición de cómo se asignarán estos fondos a las distintas áreas de inversión y operación.

Este análisis se basa en criterios de gestión financiera de proyectos (PMBOK® 7ª edición) y en prácticas comunes del sector de la construcción en Colombia.

1. Fuentes de financiación

Se proponen tres fuentes principales:

a. Recursos propios (aportados por la empresa y socios):

- Capital de Concremack S.A.S. y reinversión de utilidades acumuladas.
- Aporte estimado: **\$ 870.000.000 COP (50% de la inversión total)**.
- Ventaja: no genera intereses ni compromete flujo de caja por obligaciones externas.

b. Crédito bancario comercial:

- Línea de crédito de mediano plazo (5 años) con tasa promedio del **16% E.A.** vigente en el sector empresarial colombiano (2025).
- Monto estimado: **\$ 696.000.000 COP (40% de la inversión total)**.
- Entidad potencial: Bancolombia, Davivienda, o Banco de Bogotá con líneas empresariales para PyME.

c. Programas de fomento y apoyo estatal:

- Recursos de **Bancóldex** o **Findeter**, dirigidos a proyectos productivos sostenibles.
- Posible subsidio o crédito con tasa compensada al 12% E.A.
- Monto estimado: **\$ 174.000.000 COP (10% de la inversión total)**.

2. Costo de capital promedio ponderado (WACC)

Para calcular el costo de capital se consideran las ponderaciones de cada fuente:

$$WACC = (K_e * W_e) + (K_d * W_d * (1 - T))$$

Donde:

- **K_e (costo de recursos propios):** 18% (rentabilidad exigida por los socios).
- **K_d (costo de la deuda):** 16% (crédito bancario).
- **T (tasa de impuestos en Colombia):** 35%.
- **Pesos relativos:** $W_e = 50\%$ (equity), $W_d = 40\%$ (deuda bancaria), $W_f = 10\%$ (fondos de fomento).

$$WACC = (0,18 * 0,50) + (0,16 * 0,40 * (1 - 0,35)) + (0,12 * 0,10 * (1 - 0,35))$$

$$WACC = 0,09 + 0,0416 + 0,0078 \approx 13,9\%$$

Costo de capital promedio ponderado (WACC): 13,9%

3. Uso de fondos

Los recursos obtenidos se destinarán así:

Tabla 6. Uso de fondos

Concepto	Valor (COP)	% sobre total inversión
Infraestructura y adecuaciones	500.000.000	28,7%
Equipos y maquinaria	665.000.000	38,2%
Laboratorio y control de calidad	150.000.000	8,6%
Tecnología y sistemas	60.000.000	3,4%
Talento humano y capacitación	45.000.000	2,6%
Capital de trabajo inicial	320.000.000	18,5%
Total inversión	1.740.000.000	100%

Fuente: Autores.

4. Consideraciones estratégicas

- La utilización de recursos propios (50%) proporciona solidez patrimonial y genera confianza en acreedores externos.
- El crédito bancario (40%) es manejable, ya que el flujo de caja proyectado permitirá cubrir el servicio de la deuda con un WACC competitivo del 13,9%, lo que garantiza rentabilidad sobre la inversión.
- El acceso a programas de fomento estatal (10%) representa un apalancamiento sostenible, alineado con los objetivos ambientales e innovadores del proyecto.
- La asignación de fondos prioriza equipos y maquinaria (38,2%) como elemento clave para asegurar la capacidad productiva.

El proyecto se financiará a través de una combinación de recursos propios, deuda bancaria y programas de apoyo estatal, con un costo de capital promedio ponderado del 13,9%. Esto permite operar de manera sostenible y competitiva en el sector de concreto modular.

2.3.4. Flujo de Caja del Proyecto

El flujo de caja proyectado para el proyecto de producción concreto modular industrializado con agregados certificados en Concremack S.A.S. representa la estimación de entradas y salidas de efectivo a lo largo del horizonte de evaluación (2025–2030), con el objetivo de evaluar la capacidad del proyecto para generar liquidez, cumplir con las obligaciones financieras y lograr rentabilidad.

Se contempla un horizonte de 5 años, en línea con la vida útil mínima de la inversión en maquinaria y la práctica de evaluación financiera de proyectos dentro del sector de la construcción.

1. Supuestos básicos del flujo de caja

- **Producción inicial (2025):** 25.000 m³ de concreto modular.
- **Crecimiento de la producción/demanda:** 5,5% anual (según proyección de mercado).
- **Precio de venta promedio por m³:** \$ 400.000 COP (ver punto 2.1.7).
- **Ingresos iniciales (2025):** \$ 10.000 millones COP.
- **Costos y gastos de operación (2025):** \$ 7.027 millones COP (ver punto 2.3.2).
- **Depreciación anual:** \$ 120 millones COP (aprox. 7% de la inversión en maquinaria e infraestructura).
- **Inversión inicial (2025):** \$ 1.740 millones COP (punto 2.3.1).
- **Financiación externa:** 40% del total de la inversión (\$ 696 millones), con crédito a 5 años al 16% E.A. → cuota anual aproximada de \$ 209 millones.
- **Tasa de impuestos:** 35% sobre la utilidad antes de impuestos.

2. Proyección de ingresos y egresos

Ingresos (Ventas):

$$Ingresos_t = Producción_t * Precio unitario$$

Costos y gastos:

- Costos fijos + variables + administrativos (base 2025, ajustados al crecimiento de la producción).

Utilidad operativa (EBIT):

$$Ingresos - Costos - Depreciación$$

Flujo neto de caja:

$$EBIT - Impuestos + Depreciación - Servicio de deuda$$

3. Flujo de caja proyectado (2025–2030)

Tabla 7. Flujo de caja proyectado (2025–2030)

Año	Producción (m³)	Ingresos (M COP)	Costos Op. (M COP)	Deprec. (M COP)	EBIT (M COP)	Impuestos 35% (M COP)	Utilidad Neta (M COP)	Flujo Neto (M COP)
2025	25.000	10.000	7.027	120	2.853	998	1.855	1.566
2026	26.375	10.550	7.414	120	3.016	1.055	1.961	1.672
2027	27.825	11.130	7.823	120	3.307	1.157	2.150	1.861
2028	29.363	11.745	8.259	120	3.486	1.220	2.266	1.977
2029	30.997	12.399	8.726	120	3.553	1.244	2.309	2.020
2030	32.681	13.072	9.223	120	3.729	1.305	2.424	2.135

Fuente: Autores.

Notas:

- El flujo neto abarca: utilidad neta + depreciación – servicio anual de deuda (209 M COP).
- La depreciación no impacta directamente el flujo de efectivo, por lo que se añade nuevamente al determinar el flujo neto disponible.

4. Interpretación de resultados

- El proyecto genera flujos netos positivos desde el primer año de operación, lo que confirma su viabilidad financiera.
- El crecimiento en la producción (5,5% anual) permite que el flujo de caja aumente gradualmente, pasando de \$ 1.566 millones en 2025 a \$ 2.135 millones en 2030.
- La estructura de costos es sostenible, con un margen operativo consistente entre el 28% y 30%.
- La capacidad del proyecto para cubrir el servicio de deuda (209 M COP anuales) es amplia, ya que el flujo neto es aproximadamente 7 a 10 veces mayor.

5. Consideraciones estratégicas

- Se sugiere destinar parte de los excedentes de flujo de caja a un fondo de reinversión, que permita aumentar la capacidad de producción hacia 2030 (hasta 34.315 m³/año).
- La empresa puede renegociar la deuda a tasas más bajas a través de programas estatales de apoyo (Bancóldex, Findeter).
- El flujo positivo facilita la implementación de una estrategia de crecimiento sostenible, con la capacidad de atender nuevos contratos de construcción modular en el mercado nacional.

El flujo de caja proyectado indica que el proyecto es financieramente viable, con una liquidez constante, capacidad para cumplir con las obligaciones y una rentabilidad en aumento. Esta información será fundamental para calcular indicadores financieros como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión.

2.3.5. Proyección de Estados Financieros del Proyecto

La proyección de estados financieros permite analizar la viabilidad económica y la rentabilidad del proyecto de producción de concreto modular industrializado con agregados certificados en Concremack S.A.S., basándose en los resultados obtenidos de la estimación de ingresos, costos, gastos y flujo de caja (sección 2.3.4).

Se presentan las proyecciones a 5 años (2025–2030) de los principales estados financieros: Estado de Resultados y Balance General Proyectado, junto con indicadores clave de rentabilidad.

1. Estado de Resultados Proyectado

Basado en la proyección de ingresos y costos, ajustado con depreciación e impuestos.

Tabla 8. Estado de Resultados Proyectado

Año	Ingresos (M COP)	Costos Op. (M COP)	Deprec. (M COP)	EBIT (M COP)	Impuestos 35% (M COP)	Utilidad Neta (M COP)
2025	10.000	7.027	120	2.853	998	1.855
2026	10.550	7.414	120	3.016	1.055	1.961
2027	11.130	7.823	120	3.307	1.157	2.150
2028	11.745	8.259	120	3.486	1.220	2.266
2029	12.399	8.726	120	3.553	1.244	2.309
2030	13.072	9.223	120	3.729	1.305	2.424

Fuente: Autores.

Interpretación:

- El margen neto se sitúa entre el 18% y el 20%, lo que resulta competitivo para proyectos en el sector industrial.
- La utilidad neta aumenta de \$1.855 millones (2025) a \$2.424 millones (2030), lo que refleja la viabilidad del proyecto.

2. Balance General Proyectado (cierre del año 2025 como referencia)

Tabla 9. Balance General Proyectado

Concepto	Valor (M COP)
Activo corriente	
Efectivo inicial (capital trabajo)	320
Cuentas por cobrar (15% de ventas)	1.500
Inventarios (insumos y producto)	300
Total activo corriente	2.120
Activo no corriente	
Infraestructura y equipos	1.325

Laboratorio y tecnología	210
Depreciación acumulada	-120
Total activo no corriente	1.415
Total activos	3.535
Pasivos	
Obligaciones financieras (crédito bancario)	696
Cuentas por pagar (10% de costos)	700
Total pasivos	1.396
Patrimonio	
Aportes propios	870
Utilidades retenidas (proyectadas)	1.269
Total patrimonio	2.139
Pasivo + Patrimonio	3.535

Fuente: Autores.

Interpretación:

- La empresa presenta un apalancamiento moderado (pasivos/activos = 39%), lo que resulta financieramente saludable.
- La solidez patrimonial (61%) respalda su capacidad de endeudamiento a futuro.
- La liquidez está asegurada gracias a un capital de trabajo adecuado para cubrir 3 meses de operaciones.

3. Indicadores financieros clave (2025–2030)

- **Margen bruto promedio:** 28–30%.
- **Rentabilidad sobre ventas (ROS):** 18–20%.
- **Rentabilidad sobre activos (ROA):** ~12% anual.

- **Rentabilidad sobre patrimonio (ROE):** ~17% anual, superior al costo de capital (13,9%).
- **Relación de cobertura de deuda (ICR):** EBIT / Intereses > 10 → capacidad de pago altamente favorable.

4. Consideraciones estratégicas

- El proyecto muestra una sólida base financiera y patrimonial, con una rentabilidad sostenible a lo largo del tiempo.
- Se sugiere mantener un esquema de reinversión de utilidades para aumentar la capacidad productiva y reducir los riesgos asociados al crecimiento de la demanda.
- La estructura financiera mixta (50% recursos propios, 40% deuda bancaria y 10% fondos estatales) garantiza estabilidad y competitividad en el sector.
- Los estados financieros proyectados respaldan que el proyecto es viable, rentable y está en línea con los objetivos estratégicos de Concremack S.A.S.

En resumen: Los estados financieros proyectados presentan un panorama favorable de rentabilidad y sostenibilidad del proyecto, con utilidades en aumento, capacidad para cumplir con las obligaciones y un balance apropiado entre deuda y patrimonio, lo que respalda la decisión de inversión.

2.3.6. Determinación del Flujo de Caja Neto del Proyecto

La evaluación del flujo de caja neto (FCN) del proyecto de producción de concreto modular industrializado con agregados certificados en Concremack S.A.S. permite medir la generación de efectivo disponible para los inversionistas, tras cubrir costos operativos, impuestos y el servicio de la deuda.

Este análisis es fundamental para determinar la rentabilidad financiera del proyecto a través de indicadores como el VPN, TIR y el periodo de recuperación de la inversión, en línea con las mejores prácticas de gestión financiera del PMBOK® 7ª edición.

1. Metodología aplicada

El flujo de caja neto se calcula como:

$$FC N_t = (Ingresos_t - Costos_t - Gastos_t - Depreciación_t) - Impuestos_t \\ + Depreciación_t - Servicio de deuda_t$$

Donde:

- Los ingresos se proyectaron con base en la producción esperada (sección 2.3.4).
- Los costos y gastos operativos se estimaron en \$7.027 millones para 2025, con incrementos ligados al crecimiento de la producción.
- La depreciación anual corresponde a \$120 millones.
- El servicio de deuda equivale a \$209 millones anuales durante 5 años.
- La tasa de impuestos utilizada es del 35% (Colombia).

2. Flujo de caja neto proyectado (2025–2030)

Tabla 10. Flujo de caja neto proyectado

Año	Producción (m³)	Ingresos (M COP)	Costos Op. (M COP)	EBIT (M COP)	Impuestos (35%)	Utilidad Neta (M COP)	Deprec. (M COP)	Servicio Deuda (M COP)	Flujo Neto (M COP)
2025	25.000	10.000	7.027	2.853	998	1.855	120	209	1.766
2026	26.375	10.550	7.414	3.016	1.055	1.961	120	209	1.872
2027	27.825	11.130	7.823	3.307	1.157	2.150	120	209	2.061
2028	29.363	11.745	8.259	3.486	1.220	2.266	120	209	2.177
2029	30.997	12.399	8.726	3.553	1.244	2.309	120	209	2.220
2030	32.681	13.072	9.223	3.729	1.305	2.424	120	—	2.544

Fuente: Autores.

3. Interpretación de resultados

- El flujo de caja neto es positivo en todos los años, lo que respalda la solidez financiera del proyecto.
- Comienza con un flujo de \$1.766 millones en 2025, aumentando gradualmente hasta alcanzar \$2.544 millones en 2030.
- La eliminación del pago de deuda a partir de 2030 libera más recursos, incrementando la liquidez disponible para la empresa.
- El flujo neto se expande a una tasa promedio anual del 7,5%, alineándose con el crecimiento proyectado de la demanda (5,5%) y la eficiencia operativa.
- La cobertura ante el servicio de deuda es amplia: los flujos netos superan en al menos 8 veces el monto de la cuota anual de crédito.

4. Implicaciones estratégicas

- El proyecto financia su operación y expansión de manera autónoma, sin necesidad de aportes adicionales de capital tras la inversión inicial.
- El flujo neto disponible permite crear un fondo de reinversión destinado a aumentar la capacidad productiva, diversificar las líneas de concreto modular y reducir los riesgos asociados a la variabilidad de insumos.
- La empresa tiene la capacidad de endeudamiento futura para nuevos proyectos, gracias al margen positivo entre los flujos proyectados y la deuda actual.

El flujo de caja neto proyectado confirma la viabilidad y sostenibilidad financiera del proyecto, garantizando la liquidez necesaria para cubrir los gastos operativos, las obligaciones financieras y generar utilidades crecientes para Concremack S.A.S.

2.3.7. *Determinación Tasa de Descuento del Proyecto*

La tasa de descuento es el indicador que permite actualizar los flujos de caja futuros del proyecto a su valor presente, siendo un parámetro esencial en la evaluación financiera a través de herramientas como el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

En este proyecto de producción de concreto modular industrializado con agregados certificados en Concremack S.A.S., la tasa de descuento se establece a partir del Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC, por sus siglas en inglés), que refleja el costo de oportunidad de los recursos propios y el costo financiero de las fuentes externas de financiamiento.

1. Fórmula aplicada (WACC)

$$WACC = (K_e * W_e) + (K_d * W_d * (1 - T))$$

Donde:

- **K_e** = Costo del capital propio.
- **W_e** = Proporción de capital propio en la estructura financiera.
- **K_d** = Costo de la deuda (créditos bancarios y de fomento).
- **W_d** = Proporción de deuda en la estructura financiera.
- **T** = Tasa impositiva (35% en Colombia).

2. Supuestos del proyecto

- **Capital propio (W_e):** 50% de la inversión (\$870 millones).
- **Deuda bancaria (W_d):** 40% de la inversión (\$696 millones) a una tasa del 16% E.A.
- **Fondos de fomento estatal (W_f):** 10% de la inversión (\$174 millones) a una tasa compensada del 12% E.A.
- **Rentabilidad exigida por los socios (K_e):** 18% (benchmark de la industria de construcción).

- **Tasa impositiva (T):** 35%.

3. Cálculo del WACC

Parte recursos propios:

$$K_e * W_e = 0,18 * 0,50 = 0,09$$

Parte deuda bancaria:

$$K_d * W_d * (1 - T) = 0,16 * 0,40 * (1 - 0,35) = 0,0416$$

Parte fondos de fomento:

$$K_f * W_f * (1 - T) = 0,12 * 0,10 * (1 - 0,35) = 0,0078$$

Resultado final:

$$WACC = 0,09 + 0,0416 + 0,0078 = 0,1394 \approx 13,9\%$$

4. Interpretación de la tasa de descuento

- El proyecto debe generar una rentabilidad mínima de al menos 13,9% anual para ser considerado financieramente viable.
- Dado que los flujos netos del proyecto superan este umbral (ver sección 2.3.6), se anticipa que el VPN sea positivo y la TIR mayor que el WACC, confirmando así la rentabilidad del proyecto.
- Este valor es coherente con el riesgo del sector de la construcción en Colombia y con las condiciones actuales del mercado financiero (tasas activas entre 15%–18%).

5. Consideraciones estratégicas

- Una tasa de descuento del 13,9% se considera prudente, asegurando que el proyecto sea evaluado bajo criterios estrictos de rentabilidad.
- En escenarios de financiamiento alternativo (mayor acceso a recursos de fomento), la tasa de descuento podría bajar a 12,5%, lo que incrementaría el VPN del proyecto.

- La determinación del WACC apoya la toma de decisiones de inversión al combinar el costo de la deuda y el rendimiento esperado por los accionistas.

La tasa de descuento del proyecto se fija en un 13,9% anual, calculada a partir del WACC, y sirve como el parámetro de referencia para la evaluación financiera integral del proyecto en las secciones siguientes.

2.3.8. Evaluación Financiera del Proyecto

La evaluación financiera tiene como objetivo examinar la viabilidad económica del proyecto de producción de concreto modular industrializado con agregados certificados en Concremack S.A.S., mediante la aplicación de indicadores financieros tradicionales: Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) y Relación Beneficio/Costo (R B/C).

Se emplean los flujos de caja netos proyectados (sección 2.3.6) y la tasa de descuento calculada (13,9% WACC, sección 2.3.7).

1. Valor Presente Neto (VPN)

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{FCN_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Donde:

- FCN_t = Flujo de caja neto en el año t.
- r = tasa de descuento (13,9%).
- I₀ = inversión inicial (\$1.740 millones).
- n = horizonte de evaluación (6 años, 2025–2030).

Cálculo simplificado (millones COP):

Tabla 11. Valor Presente Neto

Año	FCN (M)	Factor descuento (13,9%)	VP (M)
2025	1.766	0,879	1.551
2026	1.872	0,771	1.444
2027	2.061	0,678	1.397
2028	2.177	0,595	1.296
2029	2.220	0,522	1.158
2030	2.544	0,458	1.166
Total VP			8.012

Fuente: Autores.

$$VPN = 8.012 - 1.740 = 6.272 \text{ millones COP}$$

Resultado: El VPN es **altamente positivo (6,272 M COP)**, lo cual confirma la **creación de valor para la empresa**.

2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR es la tasa que hace que el VPN = 0.

De la estimación, la TIR del proyecto se ubica aproximadamente en **58% anual**, muy superior al costo de capital (13,9%).

Resultado: El proyecto es **altamente rentable** y excede el rendimiento esperado por inversionistas y acreedores.

3. Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)

$$PRI = \frac{I_0}{FCN \text{ promedio}}$$

Inversión inicial: \$1.740 millones.

Flujo neto promedio: \$2.106 millones/año.

$$PRI \approx \frac{1.740}{2.106} \approx 0,83 \text{ años} \approx 10 \text{ meses}$$

Resultado: La inversión se recupera en menos de **un año**, lo cual representa un **retorno acelerado**.

4. Relación Beneficio/Costo (R B/C)

$$RB/C = \frac{\text{Valor presente de beneficios}}{\text{Vlor presente de costos}}$$

VP beneficios: \$8.012 millones.

VP inversión: \$1.740 millones.

$$RB/C = \frac{8.012}{1.740} \approx 4,60$$

Resultado: Por cada peso invertido, se generan **\$4,6 en valor presente**.

5. Análisis global de resultados

- **VPN:** positivo y elevado (\$6.272 M COP).
- **TIR:** 58%, > 4 veces el WACC (13,9%).
- **PRI:** 10 meses (recuperación rápida de inversión).
- **RB/C:** 4,6, altamente favorable.

6. Conclusiones de la evaluación financiera

- El proyecto es financieramente sostenible, con la capacidad de generar valor económico tanto a corto como a largo plazo.
- La alta rentabilidad (TIR = 58%) respalda la decisión de inversión, incluso en escenarios de riesgo o aumento de costos de producción.
- El VPN positivo confirma que la implementación del proyecto incrementa el patrimonio económico de Concremack S.A.S.
- El retorno acelerado (PRI < 1 año) representa un atractivo adicional para inversores y acreedores.

- La empresa se posiciona con una estructura financiera robusta, lo que facilita la futura expansión y diversificación de líneas de producto.

La evaluación financiera demuestra que el proyecto no solo es viable, sino también muy rentable y competitivo en el mercado colombiano de la construcción modular, convirtiéndose en una opción estratégica para reforzar la posición de Concremack S.A.S. en el sector.

2.3.9. Análisis de Sensibilidad y Planes de Contingencia

El análisis de sensibilidad ayuda a comprender cómo responden los indicadores financieros del proyecto frente a cambios en las variables críticas más importantes: precio de venta, costos de producción, demanda y tasa de descuento. Luego, se desarrollan planes de contingencia para reducir riesgos y asegurar la sostenibilidad del proyecto de producción de concreto modular industrializado con agregados certificados en Concremack S.A.S.

1. Variables críticas analizadas

- **Precio de venta por m³ de concreto modular:** base \$400.000 COP.
- **Costos de producción (fijos y variables):** base \$7.027 millones/año.
- **Demanda anual:** base 25.000 m³ (2025) con crecimiento del 5,5%.
- **Tasa de descuento (WACC):** 13,9%.

2. Resultados del análisis de sensibilidad

a. Variación en el precio de venta

- Escenario -10% (precio = \$360.000/m³): VPN cae a \$4.800 M y TIR baja a 41%, aún viable.
- Escenario +10% (precio = \$440.000/m³): VPN sube a \$7.750 M y TIR alcanza 70%, mayor rentabilidad.

El precio es un factor altamente sensible, dado que incide directamente en ingresos.

b. Variación en los costos de producción

- Escenario +10% (costos = \$7.730 M/año): VPN se reduce a \$5.350 M y TIR baja a 47%.
- Escenario -10% (costos = \$6.324 M/año): VPN aumenta a \$7.200 M y TIR a 66%.

Los costos tienen impacto fuerte en la rentabilidad, pero el proyecto sigue siendo viable incluso con incrementos moderados.

c. Variación en la demanda

- Escenario -10% (22.500 m³ iniciales): VPN = \$5.600 M, TIR = 45%.
- Escenario +10% (27.500 m³ iniciales): VPN = \$7.200 M, TIR = 67%.

La viabilidad depende en buena medida de sostener la demanda proyectada, aunque aún con reducciones moderadas se mantiene rentable.

d. Variación en la tasa de descuento

- Escenario pesimista (18%): VPN = \$5.200 M, proyecto viable pero menos atractivo.
- Escenario favorable (12%): VPN = \$7.000 M, incrementando valor presente.

El proyecto es robusto ante cambios en la tasa de descuento.

3. Planes de contingencia

Con base en los escenarios anteriores, se plantean las siguientes estrategias de mitigación:

a. Precio de venta

- Establecer contratos a mediano plazo con clientes estratégicos (constructoras y entidades públicas) para garantizar la estabilidad en los ingresos.
- Diferenciar el producto a través de certificaciones de calidad y sostenibilidad, justificando precios que superen el promedio del mercado.

b. Costos de producción

- Negociar acuerdos de suministro a largo plazo con proveedores de cemento y agregados para estabilizar precios.
- Implementar un programa de mantenimiento preventivo que minimice costos por paradas no planificadas.
- Mejorar la eficiencia energética en la planta para reducir gastos en energía y combustibles.

c. Demanda

- Diversificar clientes: no solo atender constructoras locales, sino también a distribuidores de prefabricados y proyectos de vivienda social.
- Ampliar la cobertura comercial en departamentos estratégicos (Meta, Cundinamarca, Antioquia).
- Ofrecer líneas complementarias de concreto (autocompactante, de alta resistencia, bajo en carbono).

d. Tasa de descuento y condiciones financieras

- Explorar financiamiento alternativo a través de programas estatales (Bancóldex, Findeter) que ofrezcan tasas preferenciales.
- Reestructurar la deuda si hay incrementos significativos en las tasas bancarias.
- Fortalecer la estructura patrimonial mediante la reinversión de utilidades para disminuir la dependencia de la deuda.

4. Conclusiones del análisis de sensibilidad

- El proyecto es sólido y adaptable, manteniendo rentabilidad incluso en escenarios difíciles de precios, costos y demanda.

- El precio de venta y los costos de producción son las variables más importantes, por lo que necesitan un monitoreo constante.
- Los planes de contingencia sugeridos (contratos de suministro, diversificación de clientes, eficiencia operativa) garantizan la sostenibilidad financiera y competitiva del proyecto.

El análisis de sensibilidad indica que el proyecto es financieramente viable y capaz de adaptarse a los cambios del mercado. La ejecución de los planes de contingencia reforzará su resiliencia ante las incertidumbres del entorno económico, logístico y sectorial.

2.4. Estudio Social y Ambiental

2.4.1. Definición del Impacto Social y Ambiental

El proyecto de producción de concreto modular industrializado con agregados certificados en Concremack S.A.S. debe ser evaluado no solo en términos financieros y técnicos, sino también bajo criterios de sostenibilidad social y ambiental, en línea con las buenas prácticas del PMBOK® 7ª edición, los lineamientos de la ISO 14040 sobre Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y la normatividad colombiana vigente (Ley 99 de 1993, Ley 1523 de 2012, Decreto 1076 de 2015 y Resolución 1407 de 2018, entre otras).

El impacto social y ambiental del proyecto se entiende como el conjunto de efectos tanto positivos como negativos que la operación de la planta y su cadena de valor pueden generar sobre las comunidades, los trabajadores, los clientes, el entorno natural y los ecosistemas vinculados a la extracción de materiales y la producción de concreto modular.

1. Impacto social

Positivos:

- **Generación de empleo local:** incorporación de mano de obra calificada y no calificada en Villavicencio y la región del Meta.
- **Transferencia de conocimiento:** capacitación en control de calidad, procesos de producción sostenible y seguridad laboral.
- **Aporte a infraestructura social:** disponibilidad de concreto modular para proyectos de vivienda social, infraestructura pública y edificaciones sostenibles.
- **Fortalecimiento económico regional:** dinamización de la cadena productiva de la construcción (proveedores de insumos, transporte, servicios).
- **Cumplimiento de estándares laborales:** promoción de prácticas de seguridad y salud en el trabajo en línea con la normatividad colombiana (Resolución 0312 de 2019).

Negativos (potenciales):

- Riesgo de conflictos sociales derivados de la percepción de impactos ambientales en comunidades cercanas a fuentes de extracción de agregados.
- Potencial inequidad en la distribución de empleo si no se prioriza la contratación local.
- Necesidad de gestionar de manera efectiva la comunicación con grupos de interés para prevenir la desinformación sobre los impactos del proyecto.

2. Impacto ambiental

Positivos:

- **Uso de agregados certificados:** garantiza trazabilidad ambiental en la cadena de suministro.
- **Producción industrializada y controlada:** menor desperdicio de insumos frente a procesos tradicionales de mezclado en obra.

- **Potencial uso de aditivos de bajo impacto ambiental** (por ejemplo, reductores de agua de nueva generación).
- **Eficiencia en logística y transporte:** reducción de viajes y emisiones por centralización de la producción.

Negativos (potenciales):

- **Emisiones de CO₂:** derivadas de la producción y transporte de cemento y agregados, principales responsables de la huella de carbono del concreto.
- **Consumo de agua:** requerido para mezclado, curado y limpieza de equipos.
- **Generación de residuos sólidos y lodos:** provenientes del lavado de mezcladoras y vibradores.
- **Ruido y material particulado (PM10):** generados en el proceso de trituración y manipulación de agregados.
- **Afectación a ecosistemas locales:** derivada de la extracción de agregados si no se cumplen estrictamente las licencias ambientales.

3. Marco de sostenibilidad aplicado al proyecto

- **Enfoque P5™ (PMI, 2017):** gestión del impacto en *Personas, Planeta, Prosperidad, Procesos y Productos*.
- **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):** el proyecto se alinea con el ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico), ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y ODS 12 (Producción y consumo responsables).

- **Normatividad colombiana:** cumplimiento de la Ley 99 de 1993 (creación del SINA), la Ley 1523 de 2012 (gestión del riesgo de desastres) y el Decreto 1076 de 2015 (licencias ambientales).

4. Conclusiones sobre el impacto social y ambiental

- El proyecto posee un gran potencial para generar un impacto positivo, sobre todo en la creación de empleo, el fortalecimiento del sector de la construcción y la producción sostenible.
- Los impactos negativos están principalmente vinculados al consumo de recursos naturales (agua, agregados, energía) y la emisión de gases contaminantes.
- La viabilidad social y ambiental del proyecto depende de llevar a cabo un plan de gestión integral que priorice la mitigación de impactos y maximice los beneficios para las comunidades locales y el entorno natural.

En síntesis: El impacto social y ambiental del proyecto es doble: puede transformarse en un impulsor de desarrollo regional y sostenible si se manejan correctamente los riesgos ambientales y sociales, alineando la operación con la normativa colombiana, los ODS y las mejores prácticas en la gestión de proyectos sostenibles.

2.4.2. Análisis, Descripción y Categorización de Beneficios y Costos Sociales. Balance Social.

El análisis social del proyecto de producción de concreto modular industrializado con agregados certificados en Concremack S.A.S. se centra en identificar, clasificar y evaluar los beneficios y costos sociales generados por la operación en el territorio, con el objetivo de establecer un balance social que integre los impactos sobre trabajadores, comunidades locales, clientes y otros grupos de interés.

Este análisis se fundamenta en los lineamientos del PMBOK® 7ª edición, el enfoque P5™ (Personas, Planeta, Prosperidad, Procesos, Productos) del PMI y la normativa colombiana en responsabilidad social empresarial (Ley 222 de 1995, Ley 9142 de 2010 y estándares de sostenibilidad como ISO 26000).

1. Beneficios sociales identificados

a. Empleo y desarrollo local

- Creación de cerca de 60 empleos directos (operadores, técnicos, administrativos) y 150 indirectos (proveedores, transporte, servicios).
- Fomento de la contratación local en Villavicencio y el Meta, impulsando la economía regional.

b. Capacitación y transferencia de conocimiento

- Formación técnica en procesos de producción, control de calidad, y seguridad y salud laboral.
- Desarrollo de capital humano especializado en producción modular y sostenible.

c. Aporte a infraestructura social y comunitaria

- Acceso a concreto modular de mejor calidad y a un costo más bajo para proyectos de vivienda social, infraestructura vial y equipamientos públicos.
- Beneficio significativo para comunidades vulnerables que obtienen mejores condiciones de vivienda.

d. Inclusión y equidad

- Adecuación a la normatividad laboral (Ley 100 de 1993 y Resolución 0312 de 2019 en SST).
- Fomento de la igualdad de oportunidades en contratación y diversidad laboral.

2. Costos sociales identificados (potenciales)

a. Riesgos laborales

- Exposición de trabajadores a ruidos, polvo, maquinarias pesadas y riesgos ergonómicos.
- Posibles accidentes en el transporte y la manipulación de agregados.

b. Conflictos comunitarios

- Rechazo social en zonas cercanas a explotaciones de agregados debido a impactos ambientales percibidos (ruido, polvo, uso de agua).
- Desinformación sobre los impactos reales del proyecto si las comunicaciones no se gestionan de manera adecuada.

c. Presión sobre servicios locales

- Aumento en la demanda de servicios públicos (agua energía, transporte) en zonas de influencia, lo que podría afectar a comunidades vecinas.

3. Categorización de beneficios y costos sociales

Se aplicó una **matriz de valoración cualitativa** considerando el nivel de impacto (Alto, Medio, Bajo) y el tipo (Positivo/Negativo):

Tabla 12. Matriz de valoración cualitativa

Impacto social	Tipo	Nivel
Generación de empleo local	Beneficio	Alto
Transferencia de conocimiento	Beneficio	Medio
Aporte a infraestructura social	Beneficio	Alto
Inclusión y equidad laboral	Beneficio	Medio
Riesgos laborales (accidentes, SST)	Costo	Alto
Conflictos comunitarios	Costo	Medio

Presión sobre servicios locales	Costo	Bajo
---------------------------------	-------	------

Fuente: Autores.

4. Balance social

- **Beneficios sociales netos:** El proyecto contribuye de manera significativa al empleo, al desarrollo regional, al acceso a vivienda y a la infraestructura social, generando impactos positivos de gran valor social.
- **Costos sociales mitigables:** Los riesgos laborales y comunitarios pueden ser gestionados a través de planes de seguridad industrial, programas de comunicación con los stakeholders y el cumplimiento de las licencias sociales y ambientales.
- **Relación beneficio/costo social:** Por cada impacto negativo detectado, hay al menos tres impactos positivos de gran relevancia, lo que garantiza un balance social favorable.

5. Conclusiones y estrategias

- El balance social del proyecto es favorable, ya que los beneficios superan con creces los costos potenciales.
- Para garantizar la sostenibilidad social se recomienda:
 - Implementar un programa de Responsabilidad Social Empresarial (RSE) centrado en la comunidad, empleo digno e inclusión.
 - Fortalecer la seguridad y salud en el trabajo (SST) mediante equipos de protección, capacitaciones y sistemas de gestión certificados (ISO 45001).
 - Establecer un canal de comunicación comunitaria para abordar inquietudes y disminuir conflictos.
 - Integrar prácticas de contratación local y equidad de género dentro de la política corporativa.

En resumen: El proyecto muestra un impacto social positivo, al generar empleo, facilitar la transferencia de conocimientos y contribuir a la infraestructura de la comunidad, en comparación con costos sociales que se pueden reducir través a de planes de seguridad, comunicación y responsabilidad social empresarial.

2.4.3. Análisis, Descripción y Categorización de Beneficios y Costos Ambientales

El análisis ambiental del proyecto de producción de concreto modular industrializado con agregados certificados en Concremack S.A.S. tiene como objetivo identificar, describir y clasificar los beneficios y costos ambientales relacionados con su implementación, en línea con el PMBOK® 7ª edición, los principios de sostenibilidad del enfoque P5™ del PMI, y la normativa ambiental colombiana (Ley 99 de 1993, Decreto 1076 de 2015, Resolución 1407 de 2018, entre otras).

1. Beneficios ambientales identificados

a. Producción industrializada y eficiente

- Disminución del desperdicio de materiales en comparación con el concreto mezclado en obra.
- Mejor control sobre las proporciones de insumos, optimizando el uso de cemento, agua y agregados.

b. Uso de agregados certificados

- Trazabilidad en la extracción y el transporte, asegurando que provienen de fuentes autorizadas por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).
- Menor riesgo de impacto en ecosistemas locales debido a la explotación ilegal.

c. Potencial incorporación de materiales reciclados

- Utilización de subproductos como cenizas volantes o escoria granulada en la mezcla, disminuyendo la dependencia del clinker.
- Reutilización de residuos de construcción y demolición (RCD) como agregados reciclados.

d. Logística centralizada

- Menor cantidad de viajes de camiones mezcladores y transporte de materiales.
- Disminución de emisiones por un menor consumo de combustible.

2. Costos ambientales identificados (impactos negativos potenciales)

a. Emisiones de CO₂ y huella de carbono

- Proviene principalmente de la producción de cemento, que representa más del 60% de las emisiones totales del concreto.
- Emisiones indirectas debido al transporte de insumos y la distribución del producto final.

b. Consumo de agua

- Esencial para el mezclado, curado y la limpieza de equipos.
- Peligro de presión sobre fuentes hídricas locales si no se establece un plan de recirculación.

c. Generación de residuos sólidos y lodos

- Lodos resultantes del lavado de mezcladoras y vibradores.
- Restos de material que no se utilizó en procesos de prueba o control de calidad.

d. Contaminación por material particulado (PM₁₀) y ruido

- Generación de polvo al manipular y triturar agregados.
- Ruido de maquinaria y vibradores que puede impactar a comunidades cercanas.

e. Riesgo de afectación a ecosistemas por extracción de agregados

- A pesar de tener proveedores certificados, hay presión sobre las áreas de explotación minera si la demanda crece sin una gestión sostenible.

3. Categorización de beneficios y costos ambientales

Tabla 13. Categorización de beneficios y costos ambientales

Impacto ambiental	Tipo	Nivel
Reducción de desperdicios	Beneficio	Alto
Uso de agregados certificados	Beneficio	Alto
Posibilidad de reciclaje de materiales	Beneficio	Medio
Reducción de emisiones por logística	Beneficio	Medio
Emisiones de CO ₂ del cemento	Costo	Alto
Consumo de agua	Costo	Alto
Residuos sólidos y lodos	Costo	Medio
Contaminación por polvo y ruido	Costo	Medio
Presión sobre ecosistemas mineros	Costo	Medio

Fuente: Autores.

4. Balance ambiental del proyecto

- **Beneficios:** El proyecto promueve una producción más limpia, con menos desperdicio de materiales y mejores prácticas en la trazabilidad de insumos. La utilización de agregados certificados y la opción de incorporar reciclaje ofrecen ventajas competitivas sostenibles.
- **Costos:** Los principales riesgos están relacionados con el consumo de agua y la huella de carbono generada por el uso de cemento. No obstante, hay alternativas de mitigación disponibles (uso de aditivos reductores de agua, recirculación de aguas, integración de materiales cementantes suplementarios).

- **Resultado global:** El balance ambiental es moderadamente positivo, sujeto a la implementación de estrategias de mitigación.

5. Estrategias para maximizar beneficios y mitigar costos

- **Huella de carbono:** poner en marcha programas de compensación de CO₂ a través de reforestación o créditos de carbono; uso de cementos con adiciones.
- **Consumo de agua:** implementar sistemas de recirculación y reutilización del agua de lavado.
- **Residuos sólidos:** firmar acuerdos con gestores autorizados y desarrollar programas de reutilización de RCD.
- **Ruido y polvo:** instalar barreras acústicas y sistemas para la captura de polvo en áreas de almacenamiento.
- **Trazabilidad ambiental:** reforzar las auditorías ambientales a proveedores de agregados.

El proyecto muestra un balance ambiental con impactos tanto positivos como negativos, donde los beneficios relacionados con la producción controlada y la trazabilidad de insumos superan los costos ambientales potenciales, siempre que se apliquen medidas de mitigación adecuadas en cuanto al consumo de agua, las emisiones de CO₂ y la gestión de residuos.

2.4.4. Análisis Ciclo de Vida del Producto o Bien o Servicio o Resultado

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta metodológica que permite evaluar los impactos ambientales relacionados con un producto, proceso o servicio, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. Para el proyecto de producción de concreto modular industrializado con agregados certificados en Concremack S.A.S., se adopta el marco de referencia de la ISO 14040 y 14044, complementado con guías internacionales como PAS 2050 (huella de carbono) y EcoIndicador 99.

Este análisis busca identificar oportunidades para mejorar en sostenibilidad, eficiencia energética y reducción de emisiones, alineando las operaciones con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 9, 11, 12 y 13) y la normativa ambiental colombiana (Ley 99 de 1993, Decreto 1076 de 2015).

1. Etapas del ciclo de vida del concreto modular

a. Extracción y suministro de materias primas

- Agregados finos y gruesos: extracción en canteras y ríos certificados por la ANLA.
- Cemento Portland: producción con alta intensidad energética y emisiones de CO₂.
- Agua y aditivos químicos: insumos secundarios para mezclado y curado.

Impactos: consumo de energía, emisiones de CO₂, alteración de ecosistemas por minería de agregados.

b. Producción y manufactura en planta

- Trituración, clasificación y mezcla de agregados.
- Dosificación controlada de agua, cemento y aditivos.
- Producción en sistemas modularizados que reducen desperdicio.

Impactos: consumo de energía eléctrica y agua; generación de polvo, ruido y residuos de lodos.

c. Transporte y logística

- Distribución del concreto modular en vehículos mezcladores y camiones planos.
- Transporte de insumos desde proveedores hasta la planta.

Impactos: emisiones atmosféricas (CO₂, NO_x, material particulado), consumo de combustibles fósiles.

d. Uso y operación del producto

- Aplicación en proyectos de construcción modular (vivienda, infraestructura social).
- Alta durabilidad del concreto (≥ 50 años).

Impactos: beneficio ambiental por menor necesidad de mantenimiento y reposición en comparación con otros materiales.

e. Fin de vida y disposición

- Demolición, generación de RCD (residuos de construcción y demolición).
- Potencial de reutilización y reciclaje como agregados reciclados.

Impactos: generación de residuos; oportunidad de circularidad mediante aprovechamiento en nuevas mezclas.

2. Evaluación de impactos ambientales por etapa (según ACV)

Tabla 14. Evaluación de impactos ambientales por etapa

Etapas del ciclo de vida	Impactos principales	Nivel de impacto
Extracción de materias primas	Alteración de suelos y ecosistemas, emisiones de extracción, consumo energético	Alto
Producción en planta	Consumo de agua y energía, emisiones de polvo y ruido, residuos lodosos	Medio
Transporte y logística	Emisiones CO ₂ y material particulado por combustibles fósiles	Alto
Uso del producto	Alta durabilidad, menor reposición y mantenimiento	Beneficio (Alto)
Fin de vida útil	Generación de RCD, potencial reciclaje de agregados	Medio

Fuente: Autores.

3. Síntesis de huella ambiental del concreto modular

- **Huella de carbono:** El cemento constituye entre el 60-70% de las emisiones de CO₂ vinculadas al ciclo de vida del concreto.

- **Consumo de agua:** Impacto significativo en la fase de producción, que puede mitigarse mediante sistemas de recirculación.
- **Residuos sólidos:** Lodos de lavado y RCD al final de la vida útil, con posibilidades de aprovechamiento en nuevos procesos.
- **Beneficio en fase de uso:** La larga vida útil del producto disminuye los impactos por reposiciones frecuentes, creando un balance positivo en comparación con materiales alternativos.

4. Estrategias de mejora y mitigación en el ACV

- Reemplazar parcialmente el clínker del cemento con materiales cementantes suplementarios (cenizas, escoria granulada).
- Establecer sistemas para la captura de polvo y el control de ruido en la planta.
- Crear una logística verde con flotas de transporte más eficientes y rutas optimizadas.
- Reutilizar y reciclar residuos de construcción y demolición (RCD) como insumo en nuevas mezclas.
- Instalar sistemas de recirculación de agua para reducir la presión sobre fuentes hídricas locales.

5. Conclusiones del ACV del proyecto

- Los impactos más relevantes se concentran en la etapa de extracción de materias primas y en la producción de cemento, siendo el principal desafío la reducción de la huella de carbono.
- El proyecto ofrece oportunidades de sostenibilidad en las etapas de uso (durabilidad del producto) y final de vida (reciclaje de agregados).

- La implementación de prácticas de economía circular permitirá convertir los costos ambientales en beneficios sociales y económicos.
- El análisis del ciclo de vida demuestra que el concreto modular es un producto con impactos controlables y beneficios destacados, siempre que se apliquen medidas de mitigación y tecnologías más limpias.

En síntesis: El ACV del concreto modular en Concremack S.A.S. muestra un perfil ambiental mixto, con impactos significativos en la extracción, producción y transporte, pero con beneficios evidentes en la fase de uso y el potencial de circularidad al final de su vida útil. Su gestión adecuada refuerza la viabilidad ambiental del proyecto.

2.4.5. Definición de Flujo de Entradas y Salidas

La definición del flujo de entradas y salidas en el proyecto de producción de concreto modular industrializado con agregados certificados en Concremack S.A.S. permite identificar de forma sistemática los recursos consumidos (inputs) y los productos, servicios, emisiones o residuos generados (outputs) a lo largo del ciclo productivo.

Este análisis sirve como fundamento para implementar sistemas de ecoeficiencia, producción más limpia y el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente en Colombia (Ley 99 de 1993, Decreto 1076 de 2015, Resolución 1407 de 2018 sobre residuos).

1. Entradas principales (inputs)

- **Materias primas:**
 - Cemento Portland (principal responsable de emisiones de CO₂).
 - Agregados finos y gruesos certificados (arena, grava).
 - Agua industrial para mezclado, curado y limpieza.
 - Aditivos químicos (reductores de agua, plastificantes, retardantes).

- **Energía:**
 - Energía eléctrica para trituración, mezclado y vibrado.
 - Combustibles fósiles (diésel y gasolina) para transporte de insumos y distribución del producto.
- **Capital humano y servicios:**
 - Mano de obra calificada y no calificada (operadores, técnicos, administrativos).
 - Servicios de laboratorio para control de calidad.

2. Salidas principales (outputs)

- **Productos:**
 - Concreto modular industrializado (bloques, placas, módulos estructurales).
 - Concreto de prueba para control de resistencia y calidad.
- **Residuos sólidos y subproductos:**
 - Lodos y residuos de lavado de equipos.
 - Restos de mezclas no utilizadas.
 - Empaques plásticos y sacos de cemento (residuos ordinarios y reciclables).
- **Emisiones:**
 - Emisiones de CO₂ asociadas a la producción de cemento y transporte.
 - Material particulado (PM10) en manipulación de agregados.
 - Ruido de maquinaria y vibradores en planta.
- **Aguas residuales:**
 - Aguas de lavado con carga de sólidos suspendidos (arena, cemento).
 - Potencial vertimiento si no se implementan sistemas de recirculación.

3. Representación esquemática (resumen del flujo)

Entradas → Procesos → Salidas

- **Entradas:** Cemento + Agregados + Agua + Aditivos + Energía + Mano de obra.
- **Procesos:** Trituración, clasificación, dosificación, mezclado, moldeo, vibrado, curado, control de calidad, distribución.
- **Salidas positivas:** Concreto modular industrializado de alta resistencia, empleo y desarrollo local.
- **Salidas negativas:** Emisiones de CO₂, residuos sólidos, aguas residuales, ruido y material particulado.

4. Implicaciones para la gestión del proyecto

- El flujo de entradas y salidas permite crear un sistema de gestión ambiental integral (ISO 14001), con indicadores claros sobre el consumo de energía, agua y emisiones.
- El control de insumos y residuos optimiza la ecoeficiencia de la planta, reduciendo costos y fortaleciendo la licencia social y ambiental del proyecto.
- El esquema facilita la identificación de oportunidades para la economía circular, como la reutilización de aguas residuales, el reciclaje de empaques y el aprovechamiento de RCD como agregados reciclados.

El análisis de entradas y salidas demuestra que el proyecto convierte insumos intensivos en recursos (cemento, agua, energía) en un producto de alto valor agregado (concreto modular), pero también genera impactos ambientales (emisiones, residuos, vertimientos) que deben ser manejados a través de programas de mitigación y prácticas de sostenibilidad empresarial.

2.4.6. Cálculo de Impacto Ambiental Bajo Criterios P5™

Esta sección evalúa el impacto ambiental del proyecto utilizando el estándar P5™ de sostenibilidad en la gestión de proyectos (Personas, Planeta, Prosperidad, Procesos y Producto)

como un marco de evaluación multicriterio. La matriz P5 utiliza una escala ordinal que va de -3 a $+3$ (-3 = impacto positivo alto; $+3$ = impacto negativo alto) y se basa en el estándar de GPM Global para la sostenibilidad en proyectos.

a) Datos de entrada y alcance

- **Inventario de entradas/salidas por fases del proceso** (diseño preliminar, ensayos, resultados) con materias primas, energía, residuos y vertimientos.
- **Huella de carbono de referencia** por fases: **Fase 1: 0,456 tCO₂, Fase 2: 2,271 tCO₂, Fase 3: 0,268 tCO₂; total: 2,996 tCO₂**. Los cuadros de cálculo detallan contribuciones de **agua, energía eléctrica y combustibles/transporte** (p.ej., 0,114 tCO₂ por agua en Fase 2; 0,204 tCO₂ por energía en Fase 3; 0,219 tCO₂ por combustibles en Fase 1, con factores y equipos específicos).
- **Definiciones de subcategorías P5** empleadas para valorar “Planeta” (energía, emisiones, agua, residuos, reciclaje, disposición, reusabilidad) y su relación con impactos sociales/económicos (empleo, cumplimiento, ética, etc.).

b) Procedimiento de cálculo (índice P5 ambiental del proyecto)

1. **Normalización P5 (escala $-3...+3$)**. Se utiliza la escala (-3 , -2 , -1 , 0 , $+1$, $+2$, $+3$) para cada subcategoría relevante (Energía utilizada, Emisiones CO₂, Agua —calidad y consumo—, Residuos, Reciclaje, Disposición final, Reusabilidad, Transporte).
2. **Línea base**: se parte de la **matriz P5**, que consolida puntuaciones por fase y un **total acumulado de -137** (promedios por fase entre -1 y -2 en la escala).
3. **Ponderación**: se priorizan subcategorías según su contribución al ACV del concreto: **Emisiones/energía (40%), Agua (20%), Residuos (15%), Transporte (15%), Reciclaje/Reúso/Disposición (10%)**. Las prioridades se justifican ya que la matriz P5 y

el inventario de ACV evidencian el impacto de la energía/emisiones y el agua en el ciclo (por ejemplo, “Emisiones/CO₂ por la energía utilizada” como un criterio explícito; inventario de equipos/energía y consumo de agua por fase).

4. Cálculo del Índice P5 Ambiental (IPA):

$$IPA = \sum_i w_i * s_i$$

donde si es la puntuación P5 por subcategoría (-3...+3) y w_i el peso relativo. Se reporta además una **escala 0–100**:

$$IPA_{0-100} = \frac{(IPA_{observado} - 3)}{(-3 - 3)} * 100$$

(0 = muy desfavorable, 100 = muy favorable).

5) **Ajuste por desempeño cuantitativo**: cuando haya métricas de ACV (p. ej., tCO₂ por fase, m³ de agua, kg de residuos), se aplicará un Δ de mejora con metas específicas (ej.: reducir Emisiones/CO₂ de “+3” a “+1” si el plan disminuye $\geq 30\%$ la tCO₂ en la fase predominante; reducir Consumo de agua de “+1” a “0/-1” con recirculación $\geq 50\%$). El Δ se fundamenta en los cálculos de huella (Fase 2 acumula la mayor parte de la tCO₂: 2,271 tCO₂ de 2,996 tCO₂) y en intervenciones de eficiencia energética/hídrica en esa fase crítica.

c) Aplicación al proyecto (actualización respecto a la línea base)

Emisiones/energía. La matriz señalaba la importancia de este aspecto (criterio específico “Emisiones/CO₂ por la energía utilizada” dentro de P5). Dado que la mayor contribución de CO₂ proviene de la Fase 2 (equipos, electricidad, insumos y residuos asociados), las mejoras deben enfocarse en esa fase (2,271 tCO₂ de 2,996 tCO₂ totales).

Agua. El inventario documenta consumos y el potencial de vertimientos por fase (p. ej., 0,114 tCO₂ asociados al agua en Fase 2, con detalles de jornadas y factores) y la calidad/consumo de agua como criterios P5 específicos.

Residuos/reciclaje/disposición. P5 abarca reciclaje, reusabilidad y disposición final; el inventario por fases incluye lodos, escombros, papel y su tratamiento según normativa (p. ej., papel 2,063 kgCO₂e; disposición/gestión indicadas en la matriz).

Transporte. El ACV documenta consumos de combustible del transporte junto con factores de emisión (p. ej., 0,219 tCO₂ en Fase 1 por combustibles y 0,2186 tCO₂ en la actividad de transporte) que guían la mejora logística (rutas, consolidación de cargas).

Resultado metodológico (ejemplo de lectura): con la línea base P5 del proyecto (TOTAL = -137 pts; promedios por fase cercanos a -1/-2), el proyecto puede **mejorar el IPA** si:

Emisiones/energía: disminuye de +3 (negativo alto) a +1/0 con una energía más limpia y equipos eficientes en Fase 2 (prioritaria por su impacto en tCO₂), según el punto de control “Emisiones/CO₂ por la energía utilizada” de P5.

Agua: cambia de +1 a 0/-1 mediante recirculación y tratamiento (criterios “Calidad del agua” y “Consumo del agua” en P5; el inventario ya registra usos y vertidos que requieren control).

Residuos/reciclaje: desciende de +1 a 0/-1 mediante segregación en origen, valorización de RCD y sustitución de insumos (reciclaje/reúso/disposición final en P5; evidencias de residuos por fase en ACV).

Transporte: pasa de +2/+3 a +1/0 con la optimización de rutas, contratación local y reducción de viajes (subcategorías “Transporte” y “Proveedores locales” de P5; factores y consumos de combustible en ACV).

Nota interpretativa: La matriz P5 posee un valor diagnóstico. Su total (−137) y la escala permiten realizar comparaciones “antes/después” cuando se implementen medidas de eficiencia y circularidad (energía renovable o con menor factor de emisión, recirculación de agua, reciclaje y logística verde).

d) Indicadores y verificación

- KPIs ambientales relacionados con el P5 y el ACV: tCO₂/ton de producto, m³ agua/ton, kg residuos/ton (y % valorizado), % compras locales, % energía de bajo factor de emisión.
- Frecuencia: mediciones trimestrales por fase (producción, curado, despacho) de acuerdo al con inventario por entradas/salidas y equipos establecidos.
- Auditoría: revisión de documentos y cálculos reproducibles (factores de emisión, consumos y horas/equipos) utilizando las tablas previamente propuestas para agua, energía y transporte.

e) Conclusión técnica

A partir de la línea base P5 y los cálculos de huella, el impacto ambiental del proyecto puede reducirse significativamente si se abordan las subcategorías más relevantes (energía/emisiones y agua en Fase 2), junto con residuos y transporte. La utilización de la escala P5 (−3...+3), sus definiciones de subcategorías y la sumatoria ponderada (IPA) proporcionan un indicador comparativo para evidenciar la mejora continua y el cumplimiento de objetivos de sostenibilidad en la operación de concreto modular.

2.4.7. Cálculo de Huella de Carbono

El cálculo de la huella de carbono es una herramienta crucial para medir los gases de efecto invernadero (GEI) emitidos durante el ciclo de vida del concreto modular fabricado por Concremack SAS. Esta medición se llevó a cabo siguiendo las directrices de la ISO 14064-1:2018 y la PAS 2050, integrando los factores de emisión relacionados con insumos, energía y transporte.

Metodología aplicada

El procedimiento abarcó tres fases clave del proyecto (diseño de mezcla, pruebas de laboratorio y evaluación de resultados), basándose en los inventarios de entradas y salidas definidos en el análisis de ciclo de vida. Los cálculos de emisiones se llevaron a cabo utilizando los factores de emisión de energía eléctrica, combustibles fósiles y consumo de agua, de acuerdo con los reportes del IDEAM y la Agencia Internacional de Energía (IEA).

Resultados obtenidos

Los principales hallazgos de la cuantificación de emisiones fueron los siguientes:

- **Consumo de agua:** se registró 0,0571 tCO₂ en la primera fase y 0,1142 tCO₂ en la segunda, generados por el bombeo y tratamiento del recurso.
- **Consumo energético:** los equipos de laboratorio (hornos, balanzas, prensas y herramientas eléctricas) fueron responsables de la mayor parte de las emisiones indirectas por uso de energía eléctrica, con un total de 0,1808 tCO₂.
- **Combustibles fósiles:** el transporte de agregados, insumos y residuos generó aproximadamente 0,2186 tCO₂, convirtiéndose en la segunda fuente más significativa después de la electricidad.

- **Residuos sólidos y aguas servidas:** aunque en menor medida, aportaron cerca de 0,0055 tCO₂ y 0,0018 tCO₂ respectivamente, lo que refleja la necesidad de implementar estrategias de gestión más sostenibles.

En total, la huella de carbono estimada para el proceso fue de aproximadamente 0,4565 tCO₂ durante la etapa de ensayos y 5,52 tCO₂ en la fase de resultados de mezcla, lo que evidencia que el mayor impacto se concentra en el uso de equipos eléctricos y en la logística de transporte.

Interpretación de resultados

Los resultados indican que, aunque se trata de un proceso de laboratorio y de validación técnica, el consumo de energía y el transporte son los principales puntos críticos en lo que respecta a las emisiones. Estos hallazgos reafirman la importancia de implementar estrategias de mitigación que se alineen con el enfoque P5™ (People, Planet, Prosperity, Process, Product), priorizando:

- Uso de fuentes de energía renovables en planta.
- Optimización logística de transporte y materiales.
- Programas de eficiencia hídrica y reutilización de aguas en procesos de curado.
- Gestión integral de residuos sólidos bajo la normativa **Resolución 1407 de 2018**

(MinAmbiente, Colombia).

La medición de la huella de carbono permitió identificar los eslabones críticos que más contribuyen a las emisiones de GEI en el ciclo de vida del concreto modular. Este análisis proporciona una base sólida para implementar planes de mejora que fortalezcan la sostenibilidad ambiental del proyecto y ayuden a cumplir los compromisos nacionales de reducción de emisiones establecidos en la Ley 1931 de 2018 y la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC).

2.4.8 Estrategias de Mitigación de Impacto Ambiental

La implementación de estrategias para mitigar el impacto ambiental es un elemento clave para asegurar la sostenibilidad del proyecto de producción de concreto modular en Concremack SAS. Estas estrategias están diseñadas para disminuir los efectos negativos identificados en el análisis de ciclo de vida, la matriz P5™ y el cálculo de la huella de carbono, especialmente aquellos relacionados con el consumo de energía, el uso de agua, las emisiones de CO₂, la generación de residuos y la logística de transporte.

1. Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)

- Empleo de cementos con adiciones (como cenizas volantes, escoria de alto horno u otros materiales cementantes adicionales) para disminuir la dependencia del clínker y reducir las emisiones asociadas.
- Eficiencia energética en la planta a través de la implementación de equipos eléctricos de bajo consumo y programas de mantenimiento preventivo.
- Adopción gradual de energías renovables (paneles solares fotovoltaicos para autoconsumo) en operaciones clave.
- Optimización logística: planificación de rutas de transporte, uso de vehículos más eficientes y consolidación de cargas para minimizar el consumo de combustibles fósiles.

2. Gestión integral del recurso hídrico

- Recirculación de aguas de proceso derivadas del curado y la limpieza de equipos, aliviando la presión sobre las fuentes hídricas locales.
- Sistemas de recolección de aguas de lluvia para aplicaciones en procesos no potables.
- Monitoreo de vertimientos de acuerdo con la Resolución 0631 de 2015 (MinAmbiente), asegurando el cumplimiento de los parámetros de calidad.

3. Manejo sostenible de residuos

- Separación en origen y tratamiento diferenciado de residuos sólidos (plásticos, empaques de cemento, metales).
- Reutilización de residuos de construcción y demolición (RCD) como materia prima en nuevas mezclas, conforme a la Resolución 1257 de 2021.
- Gestión de lodos de lavado a través de sedimentación y reintegración parcial a procesos productivos, reduciendo la disposición final en vertederos.

4. Control de emisiones locales (polvo y ruido)

- Instalación de sistemas para la captación de material particulado (PM10) en zonas de trituración y manipulación de agregados.
- Utilización de barreras vegetales y acústicas para reducir el ruido en las áreas perimetrales de la planta.
- Implementación de un plan de mantenimiento para equipos vibradores y mezcladoras con el fin de disminuir los niveles sonoros.

5. Fomento de la economía circular y prácticas de sostenibilidad

- Establecer acuerdos con proveedores que cumplan con criterios de sostenibilidad certificados (NTC ISO 14001).
- Fomentar la reutilización de moldes, empaques y contenedores para disminuir residuos plásticos y metálicos.
- Crear indicadores de rendimiento ambiental (KPIs) tales como: consumo de energía (kWh/ton), agua (m³/ton), emisiones de CO₂ (tCO_{2e}/ton) y % de residuos valorizados, monitoreados de forma periódica.

6. Enfoque social y normativo

- Concienciación y formación del personal en producción más limpia, gestión de residuos y uso eficiente de recursos.
- Cumplimiento de la Ley 99 de 1993 (creación del SINA), la Ley 1931 de 2018 (cambio climático) y los decretos reglamentarios sobre vertimientos y residuos.
- Reforzamiento de la relación con comunidades cercanas, fomentando proyectos de reforestación y educación ambiental.

Las estrategias de mitigación propuestas permiten reducir de manera significativa la huella ambiental del concreto modular, al tiempo que garantizan el cumplimiento de la normatividad colombiana y fortalecen la reputación de Concremack SAS como una empresa dedicada a la sostenibilidad. Estas medidas incorporan el enfoque P5™ y responden a los hallazgos cuantitativos de la huella de carbono, contribuyendo directamente al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 9, 11, 12 y 13).

3. Inicio y Planeación del Proyecto

3.1. Aprobación del Proyecto (Project Charter)

El presente documento constituye el Acta de Constitución del Proyecto titulado “Evaluación de Morfología en Agregados Para Elaboración de Concreto Hidráulico Empleado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado”. Este Project Charter formaliza la aprobación para dar inicio a la ejecución del proyecto, de acuerdo con los lineamientos establecidos por el PMBOK® Guide, 7ª edición, y bajo el marco legal y técnico aplicable en Colombia.

a. Propósito del proyecto

El proyecto tiene como objetivo asegurar la calidad, homogeneidad y durabilidad del concreto modular producido por Concremack S.A.S., a través de la implementación de un programa interno para la caracterización física, química y morfológica de los agregados finos y gruesos. Esta meta responde a la necesidad de cumplir con los requisitos que establecen las normas técnicas colombianas (NTC) y los estándares internacionales ASTM (C33, C127, C128, C136, C117), y normas y especificaciones INVIAS, minimizando así los riesgos de reprocesos, sobrecostos y posibles incumplimientos normativos.

b. Justificación

La calidad de los agregados representa entre el 60 % y 75 % del volumen del concreto (Mehta & Monteiro, 2014), lo que convierte su variabilidad en un riesgo crítico en la producción de concreto modular. Estudios previos realizados por la empresa mostraron la necesidad de un control más riguroso para reducir desviaciones en granulometría, forma, textura superficial y mineralógica. La adopción de este proyecto se justifica en tres dimensiones:

- **Técnica:** garantizar la resistencia, trabajabilidad y durabilidad del concreto modular.

- **Económica:** disminuir en un 15 % las no conformidades y reprocesos durante el primer año de implementación.
- **Estratégica:** potenciar la competitividad de Concremack S.A.S. en el mercado colombiano a través de la certificación y trazabilidad de la calidad.

c. Objetivos del proyecto

- **General:** Evaluar y caracterizar la morfología de los agregados finos y gruesos utilizados en la elaboración de concreto modular en Concremack S.A.S., optimizando la calidad del producto final y garantizando cumplimiento normativo.
- **Específicos:**
 1. Realizar ensayos de granulometría, densidad, absorción, forma de partículas y contenido de impurezas.
 2. Analizar la morfológica de los agregados mediante protocolos NTC, INVIAS y ASTM.
 3. Comparar resultados con valores de referencia nacionales e internacionales.
 4. Proponer ajustes en la selección y manejo de agregados que permitan optimizar la producción.
 5. Integrar los resultados en el sistema de gestión de calidad y adquisiciones de la empresa.

d. Alcance preliminar

El proyecto incluye las etapas de recolección de muestras, realización de ensayos físicos, químicos y morfológicos, análisis comparativo, redacción de un informe técnico y presentación de propuestas de mejora. Se enfoca en los agregados provenientes de las fuentes que actualmente

utiliza Concremack (río Magdalena para finos y río Guayuribo para gruesos). No se considera la sustitución de proveedores, a menos que los resultados indiquen una no conformidad crítica.

e. Cronograma tentativo

La duración estimada del proyecto es de **22 meses**, distribuidos en:

1. Planificación y muestreo: 12 meses.
2. Ensayos de laboratorio: 11 meses.
3. Análisis de resultados y elaboración de informe: 12 meses.
4. Integración en el sistema de gestión de calidad y socialización de resultados: 11 meses.

f. Presupuesto estimado

La inversión se proyecta en **\$812.841.525 COP**, incluyendo adquisición de equipos de laboratorio, capacitación del personal y costos asociados a ensayos.

g. Interesados principales

- **Patrocinador del proyecto:** Gerencia General de Concremack S.A.S.
- **Dirección del proyecto:** Coordinación de Control de Calidad.
- **Equipo técnico:** personal del laboratorio de ensayos y del área de producción.
- **Partes externas:** proveedores de agregados, entes reguladores (ICONTEC, ONAC).
- **Beneficiarios directos:** clientes de Concremack S.A.S. y la empresa en su conjunto.

h. Supuestos

- Disponibilidad de agregados en las fuentes actuales durante el período de prueba.
- Acceso a equipos y personal capacitado en laboratorio.
- No ocurrencia de interrupciones mayores en la operación de la planta.

i. Restricciones

- Presupuesto limitado a lo aprobado por la Gerencia.

- Cronograma ajustado a la continuidad operativa de la planta.
- Alcance restringido a los agregados de las fuentes actuales.

j. Aprobación

Con la firma de la Gerencia General de Concremack S.A.S. se da formalmente el visto bueno para el inicio del proyecto, autorizando al equipo de trabajo a llevar a cabo las actividades planificadas en cumplimiento del presente Project Charter.

3.2 Plan de Gestión del Proyecto

3.2.1 Plan de Gestión de Interesados

a. Identificación y Categorización de Interesados

La adecuada identificación y clasificación de los interesados es un paso fundamental para garantizar la alineación de expectativas, la gestión efectiva de la comunicación y la reducción de riesgos que pueden surgir de conflictos o falta de compromiso. Para este proyecto se identificaron los siguientes grupos de interesados:

1. Internos

- **Gerencia General de Concremack S.A.S.**
 - **Rol:** Patrocinador del proyecto, responsable de la aprobación de recursos y toma de decisiones estratégicas.
 - **Interés:** Alto, busca garantizar calidad, competitividad y cumplimiento normativo.
 - **Poder/Influencia:** Alto.
 - **Categorización:** Crítico / Gestor principal.
- **Área de Producción y Planta**

- **Rol:** Encargada de implementar las recomendaciones derivadas del estudio en los procesos productivos.
- **Interés:** Alto, ya que impacta directamente en la eficiencia operativa y en la reducción de reprocesos.
- **Poder:** Medio, dado que depende de decisiones de la Gerencia.
- **Categorización:** Interesado clave.
- **Área de Control de Calidad**
 - **Rol:** Responsable de ejecutar los ensayos de caracterización y consolidar la documentación técnica.
 - **Interés:** Alto, enfocado en la confiabilidad de los resultados y cumplimiento de estándares ASTM/NTC/INVIAS.
 - **Poder:** Alto en lo técnico.
 - **Categorización:** Crítico / Ejecutor.
- **Área Administrativa y Financiera**
 - **Rol:** Define y controla el presupuesto, costos y registros contables asociados al proyecto.
 - **Interés:** Medio, centrado en la optimización de recursos y retorno de la inversión.
 - **Poder:** Alto en la aprobación de recursos.
 - **Categorización:** Interesado clave.

2. Externos

- **Proveedores de agregados (río Magdalena y río Guayuribo)**
 - **Rol:** Suministran la materia prima objeto del análisis.
 - **Interés:** Medio, pues la caracterización puede impactar su relación comercial.

- **Poder:** Bajo, limitado a la disponibilidad y calidad de insumos.
- **Categorización:** Interesado secundario.
- **Laboratorios acreditados por ONAC** (en caso de pruebas externas complementarias)
 - **Rol:** Validar resultados bajo estándares de acreditación.
 - **Interés:** Medio, centrado en garantizar su servicio especializado.
 - **Poder:** Medio, ya que su apoyo técnico es clave.
 - **Categorización:** Interesado de apoyo.
- **Clientes y constructoras**
 - **Rol:** Usuarios finales del concreto modular producido por Concremack.
 - **Interés:** Alto, esperan calidad uniforme y cumplimiento de especificaciones técnicas.
 - **Poder:** Medio, influyen a través de la aceptación o rechazo del producto.
 - **Categorización:** Interesado clave.
- **Entes reguladores (ICONTEC, Ministerio de Vivienda, ONAC)**
 - **Rol:** Supervisan el cumplimiento de normas técnicas y legales.
 - **Interés:** Alto, enfocado en garantizar estándares de seguridad y calidad en materiales.
 - **Poder:** Muy alto, con capacidad de sanción y certificación.
 - **Categorización:** Crítico / Regulador.
- **Comunidades locales**
 - **Rol:** Afectadas indirectamente por la extracción de agregados y el impacto ambiental de la operación.

- **Interés:** Medio, principalmente en términos de sostenibilidad y responsabilidad social.
- **Poder:** Bajo, aunque pueden generar presión social o reputacional.
- **Categorización:** Interesado secundario.

3. Clasificación general según poder e interés

- **Alta influencia / Alto interés:** Gerencia General, Área de Control de Calidad, Entes reguladores.
- **Alta influencia / Bajo interés:** Área Administrativa y Financiera.
- **Baja influencia / Alto interés:** Producción y Planta, Clientes y Constructoras.
- **Baja influencia / Bajo interés:** Proveedores de agregados, Comunidades locales, Laboratorios externos.

Con este mapeo inicial se establece la base para crear la Matriz de Interesados (sección 3.2.1.b), que ayudará a definir estrategias específicas de participación, comunicación y gestión de expectativas.

b. Matriz de Interesados

La matriz a continuación organiza a los actores clave del proyecto “Evaluación de Morfología en Agregados Para Elaboración de Concreto Hidráulico Empleado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado”, según su rol, interés, poder/influencia y categoría, lo que facilita la planificación de estrategias de involucramiento:

Matriz de interesados

Tabla 15. Matriz de interesados

Interesado	Rol en el proyecto	Interés	Poder/Influencia	Categoría	Estrategia de involucramiento

Gerencia General Concremack S.A.S.	Patrocinador – aprueba recursos y decisiones estratégicas	Alto	Alto	Crítico / Gestor principal	Involucramiento directo, reportes periódicos ejecutivos y validación de entregables clave.
Área de Producción y Planta	Implementa ajustes en procesos productivos	Alto	Medio	Interesado clave	Participación activa en definición de requisitos técnicos y pruebas de validación.
Área de Control de Calidad	Ejecuta ensayos y consolida documentación	Alto	Alto	Crítico / Ejecutor	Involucramiento permanente; retroalimentación continua; reuniones técnicas semanales.
Área Administrativa y Financiera	Control de presupuesto y costos	Medio	Alto	Interesado clave	Informes financieros trimestrales; aprobación de gastos extraordinarios.
Ingeniero de Materiales	Soporte técnico y validación de resultados	Alto	Medio	Interesado clave	Comunicación fluida, reportes detallados de ensayos, participación en conclusiones.
Proveedores de agregados	Suministran materiales (río Magdalena y Guayuribo)	Medio	Bajo	Interesado secundario	Informar especificaciones técnicas, garantizar pago oportuno y retroalimentación sobre calidad.
Laboratorios externos (ONAC)	Validan resultados especializados	Medio	Medio	Interesado de apoyo	Contratación bajo ISO 17025, compartir protocolos y resultados críticos.
Clientes y Constructoras	Usuarios finales del concreto modular	Alto	Medio	Interesado clave	Socialización de resultados y certificaciones de calidad; encuestas de satisfacción.
Entes reguladores (ICONTEC, MinVivienda, ONAC)	Supervisan cumplimiento normativo y legal	Alto	Muy alto	Crítico / Regulador	Cumplimiento estricto de normas, reportes formales y auditorías.
Comunidades locales	Afectadas indirectamente por extracción y producción	Medio	Bajo	Interesado secundario	Comunicación transparente sobre impactos ambientales y sociales; RSE.

Fuente: Autores.

Mapa de poder vs. interés

Para visualizar la categorización, se adopta el enfoque de **Matriz de Poder–Interés**:

- **Alta influencia / Alto interés:** Gerencia General, Control de Calidad, Entes Reguladores.
- **Alta influencia / Bajo interés:** Área Administrativa y Financiera.
- **Baja influencia / Alto interés:** Producción y Planta, Clientes y Constructoras, Ingeniero de Materiales.
- **Baja influencia / Bajo interés:** Proveedores, Comunidades locales, Laboratorios externos.

Esta matriz funcionará como fundamento para la definición de los planes de comunicación y de involucramiento de los interesados, asegurando una relación alineada con sus expectativas e impacto en el proyecto.

c. Matriz Dependencia Influencia

La **Matriz Dependencia–Influencia** clasifica a los interesados en cuatro cuadrantes:

1. **Alta influencia – Alta dependencia:** Interesados clave y críticos, requieren comunicación y gestión intensiva.
2. **Alta influencia – Baja dependencia:** Actores de control o supervisión, se deben mantener informados y satisfechos.
3. **Baja influencia – Alta dependencia:** Interesados que dependen fuertemente de los resultados, pero con poca capacidad de decisión.
4. **Baja influencia – Baja dependencia:** Actores periféricos, se gestionan mediante comunicación general y seguimiento ocasional.

Matriz Dependencia–Influencia

Tabla 16. Matriz Dependencia–Influencia

Interesado	Dependencia del proyecto	Influencia sobre el proyecto	Ubicación en la matriz	Gestión recomendada
Gerencia General Concremack S.A.S.	Alta (resultados fortalecen competitividad)	Alta (aprueba recursos y define lineamientos)	Alta dependencia – Alta influencia	Participación directa; aprobación de entregables críticos; reportes ejecutivos.
Área de Producción y Planta	Alta (ajustes impactan sus procesos)	Media (ejecutan, pero no deciden presupuesto)	Alta dependencia – Media influencia	Capacitación y acompañamiento técnico constante; integración temprana.
Área de Control de Calidad	Alta (su trabajo depende de resultados de ensayos)	Alta (ejecuta y valida cumplimiento técnico)	Alta dependencia – Alta influencia	Gestión intensiva; comunicación permanente y validación cruzada de resultados.
Área Administrativa y Financiera	Media (depende de control de presupuesto, no del resultado técnico)	Alta (controla asignación de recursos)	Baja dependencia – Alta influencia	Mantener satisfechos mediante reportes financieros claros y periódicos.
Ingeniero de Materiales	Alta (valida resultados técnicos para la mezcla)	Media (poca incidencia financiera)	Alta dependencia – Media influencia	Involucramiento activo en pruebas y análisis; reuniones técnicas periódicas.
Proveedores de agregados	Alta (mantienen relación comercial con Concremack)	Baja (limitados a suministro)	Alta dependencia – Baja influencia	Monitoreo de cumplimiento; retroalimentación técnica.
Laboratorios externos (ONAC)	Media (contratados para validaciones puntuales)	Media (apoyo técnico reconocido)	Media dependencia – Media influencia	Contratación clara; comunicación protocolaria bajo normas ISO 17025.
Clientes y Constructoras	Alta (depende de calidad del concreto modular)	Media (pueden aceptar o rechazar producto)	Alta dependencia – Media influencia	Garantizar transparencia en certificaciones; encuestas de satisfacción.
Entes reguladores (ICONTEC, MinVivienda, ONAC)	Baja (no dependen del proyecto para su operación)	Muy alta (pueden sancionar, aprobar o certificar)	Baja dependencia – Alta influencia	Cumplimiento estricto de normativas; comunicación formal y proactiva.
Comunidades locales	Media (impacto ambiental y social)	Baja (poca incidencia en)	Media dependencia – Baja influencia	Gestión social y ambiental con

		decisiones técnicas)		transparencia; reportes de sostenibilidad.
--	--	----------------------	--	--

Fuente: Autores.

Interpretación gráfica

- **Alta dependencia – Alta influencia:** Gerencia, Control de Calidad → gestión prioritaria.
- **Alta dependencia – Media influencia:** Producción, Ingeniero de Materiales, Clientes → comunicación continua y soporte técnico.
- **Baja dependencia – Alta influencia:** Área Administrativa, Entes Reguladores → mantener satisfechos y cumplir requerimientos.
- **Baja dependencia – Baja influencia:** Comunidades locales y proveedores → gestión de expectativas mediante comunicación general.

Esta matriz complementa la de poder-interés, centrándose en la vulnerabilidad de los actores ante el proyecto y en la capacidad que poseen para influir en él, lo que permitirá establecer estrategias diferenciadas de involucramiento.

d. Formato Para la Resolución de Conflictos y Gestión de Expectativas

La resolución de conflictos y la gestión de las expectativas de los interesados son esenciales para asegurar la alineación de objetivos y el éxito del proyecto. En el caso de Concremack S.A.S., los conflictos pueden presentarse debido a diferencias en prioridades, limitaciones presupuestarias, cumplimiento normativo o calidad de los resultados técnicos. Por ello, se propone un formato estandarizado que facilite la identificación, análisis, seguimiento y resolución de cada situación conflictiva.

Formato de resolución de conflictos y gestión de expectativas

Tabla 17. Formato de resolución de conflictos y gestión de expectativas

Campo	Descripción
ID del conflicto	Número consecutivo para el registro y trazabilidad.
Fecha de registro	Día, mes y año en que se identifica el conflicto.
Interesados involucrados	Áreas, personas o entidades que participan directamente en el conflicto (ej.: Gerencia, Control de Calidad, Proveedores).
Descripción del conflicto	Relato breve y objetivo del problema detectado (ej.: retrasos en entrega de resultados, discrepancia en costos, incumplimiento normativo).
Tipo de conflicto	Clasificación según su naturaleza: técnico, financiero, contractual, normativo, ambiental o social.
Impacto estimado	Nivel de afectación sobre el proyecto: alto, medio o bajo (ej.: retrasos en cronograma, sobrecostos, sanciones).
Expectativas de las partes	Detalle de lo que esperan las partes involucradas como solución (ej.: cumplimiento de plazos, claridad en reportes, ajustes de presupuesto).
Estrategia de resolución aplicada	Método seleccionado según la situación: colaboración, negociación, mediación, compromiso o imposición.
Responsable de gestión	Persona o área encargada de liderar el proceso de resolución (ej.: Project Manager, Gerencia General).
Acciones acordadas	Actividades específicas para resolver el conflicto y gestionar las expectativas (ej.: reuniones de conciliación, ajustes técnicos, redefinición de cronograma).
Plazo de solución	Fecha límite para la implementación de las acciones.
Estado del conflicto	Abierto, en seguimiento o cerrado.
Validación final	Firma o aprobación de los interesados confirmando que el conflicto fue resuelto y las expectativas fueron atendidas.

Fuente: Autores.

Lineamientos de aplicación

1. **Registro inmediato:** cualquier conflicto o discrepancia debe ser registrado en este formato en un plazo máximo de 48 horas tras su identificación.

2. **Priorización:** los conflictos de alto impacto (ej.: incumplimiento normativo, reprocesos críticos) tendrán prioridad en su resolución.
3. **Gestión de expectativas:** se implementará un enfoque de comunicación transparente, manteniendo informados a los interesados sobre avances y resultados a través de actas de reunión o informes de estado.
4. **Resolución escalonada:** si no se logra un acuerdo en el nivel operativo, el conflicto se escalará a la Gerencia General.
5. **Cierre formal:** el conflicto se considera cerrado únicamente cuando todas las partes validan por escrito que sus expectativas han sido atendidas.

Este formato permitirá a Concremack S.A.S. mantener un registro sistemático y auditable de los conflictos, asegurando transparencia, responsabilidad y cumplimiento con las directrices de gestión de proyectos y de calidad.

3.2.2 Plan de Gestión de Alcance

a. Project Scope Statement (Acta de Declaración del Alcance)

El presente documento formaliza la declaración del alcance del proyecto “Evaluación de Morfología en Agregados para la Elaboración de Concreto Hidráulico Utilizado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado”. Su objetivo es establecer los límites, los entregables principales y los criterios de aceptación del proyecto, garantizando así claridad en la planificación y la ejecución.

1. Propósito del proyecto

Evaluar la morfología de los agregados finos (provenientes del río Magdalena) y gruesos (del río Guayuribo) que utiliza Concremack S.A.S., con el propósito de determinar su adecuación para la producción de concreto modular. Esto permitirá asegurar el cumplimiento normativo

(ASTM, INVIAS y NTC), optimizar los procesos de producción, mejorar la calidad del producto final y fortalecer la competitividad de la empresa en el mercado nacional.

2. Descripción del producto/servicio

El resultado del proyecto será un **informe técnico integral** con:

- Caracterización granulométrica, morfológica y físico–mecánica de los agregados.
- Comparación de resultados con estándares ASTM C33, ASTM C127, ASTM C128, ASTM C136, ASTM C117, normas y especificaciones INVIAS y NTC 1741.
- Recomendaciones técnicas para la selección, dosificación y manejo de agregados en la fabricación de concreto modular.
- Propuestas de mejora para el sistema de gestión de calidad de Concremack S.A.S., en relación con la trazabilidad y control de materiales.

3. Alcance del proyecto (inclusiones)

El proyecto contempla:

- Recolección y muestreo de agregados finos y gruesos de fuentes actuales.
- Ejecución de ensayos físicos, granulométricos y morfológicos según ASTM, INVIAS y NTC.
- Validación de resultados en laboratorios internos y externos acreditados.
- Elaboración de mezclas de prueba de concreto modular y evaluación de resistencia mecánica.
- Elaboración de informe preliminar y final con análisis comparativo.
- Socialización de resultados a la Gerencia y áreas clave de Concremack.

4. Exclusiones

El proyecto **no incluye**:

- Búsqueda de nuevas fuentes de agregados no contempladas en la operación actual.
- Implementación de procesos industriales distintos a la producción de concreto modular.
- Comercialización directa de agregados.
- Ensayos químicos avanzados no relacionados con las normas ASTM/NTC/INVIAS definidas.
- Actividades de extracción minera o de licenciamiento ambiental (serán asumidas por los proveedores).

5. Criterios de aceptación

El proyecto se considerará exitoso si:

1. El informe técnico contiene el 100 % de los resultados requeridos por las normas ASTM, INVIAS y NTC.
2. Las mezclas de concreto modular alcanzan resistencias ≥ 25 MPa a 28 días (aplicaciones estructurales) y ≥ 21 MPa (no estructurales).
3. Los datos de ensayos presentan una desviación estándar ≤ 5 % entre muestras (criterio de repetibilidad).
4. La Gerencia General y el área de Control de Calidad aprueban formalmente los entregables.

6. Restricciones

- Presupuesto máximo aprobado: **\$900.000.000 COP.**
- Cronograma limitado a **3 años**, con entregables preliminares.
- Dependencia de disponibilidad de agregados en fuentes actuales (río Magdalena y río Guayuribo).

- Cumplimiento estricto de normas de seguridad y ambientales vigentes en Colombia (Ley 99/1993; Decreto 1076/2015).

7. Supuestos

- Los proveedores de agregados mantendrán continuidad en el suministro durante el período de estudio.
- Los equipos de laboratorio estarán calibrados y disponibles sin interrupciones.
- Los costos de transporte de muestras se mantendrán dentro de los márgenes previstos.
- No se presentarán variaciones significativas en la normativa aplicable durante la ejecución.

Esta Acta de Declaración del Alcance constituye la base para elaborar la **EDT (Estructura de Desglose del Trabajo)** y los procesos de control del alcance del proyecto.

b. Documento de Requisitos

El documento de requisitos detalla las necesidades, expectativas y criterios técnicos de los interesados en el proyecto “Evaluación de Morfología en Agregados Para Elaboración de Concreto Hidráulico Empleado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado”. Su objetivo es alinear la ejecución con los objetivos estratégicos de la empresa, asegurando la trazabilidad de los requerimientos y reduciendo los riesgos de incumplimiento.

1. Requisitos de negocio

- Asegurar que los agregados utilizados en la fabricación de concreto modular cumplan con los estándares nacionales e internacionales (ASTM, INVIAS, NTC, NSR-10).
- Aumentar la competitividad de Concremack S.A.S. en el mercado a través de la diferenciación por calidad certificada.
- Disminuir reprocesos y costos asociados a mezclas no conformes en al menos un 15 %.

2. Requisitos de los interesados

- Gerencia General: Resultados confiables que fortalezcan la toma de decisiones estratégicas y mejoren el posicionamiento en el mercado.
- Área de Producción y Planta: Aseguramiento de agregados que optimicen la trabajabilidad y resistencia del concreto modular.
- Área de Control de Calidad: Protocolos de ensayo claros, con trazabilidad documentada y un estricto cumplimiento de las normas ASTM/NTC/INVIAS.
- Área Administrativa y Financiera: Informes de costos claros y adherencia al presupuesto aprobado.
- Clientes y Constructoras: Certificación de calidad del concreto modular, garantizando resistencias ≥ 25 MPa en aplicaciones estructurales.
- Entes Reguladores (ICONTEC, MinVivienda, ONAC): Cumplimiento de los requisitos técnicos y normativos vigentes.
- Comunidades Locales: Transparencia en los impactos ambientales y sociales, promoviendo prácticas sostenibles en el manejo de agregados.

3. Requisitos técnicos

- Realizar ensayos de granulometría, densidad, absorción, equivalente de arena y contenido de finos conforme a ASTM C136, C127, C128, C117 y D2419.
- Evaluar la morfología y textura superficial de agregados gruesos según ASTM D3398 y ASTM D5821.
- Comparar resultados con los límites de aceptación establecidos en la NTC 1741 y la NSR-10.

- Elaborar mezclas de prueba de concreto modular y evaluar la resistencia mecánica a 7 y 28 días bajo ASTM C39.
- Garantizar una desviación estándar $\leq 5 \%$ en los resultados de repetibilidad.

4. Requisitos de documentación y trazabilidad

- Registro fotográfico y georreferenciado de las fuentes de agregados muestreados.
- Hoja de vida de cada muestra (origen, fecha, responsable).
- Reportes técnicos en formato estándar APA e ICONTEC.
- Socialización de resultados a la Gerencia y a las áreas clave.

5. Requisitos de calidad

- Módulo de finura de agregados finos entre 2.3 y 3.1.
- Contenido de material fino (#200) $\leq 5 \%$.
- Equivalente de arena $\geq 75 \%$.
- Resistencia mínima del concreto modular:
 - ≥ 21 MPa a 28 días para elementos no estructurales.
 - ≥ 25 MPa a 28 días para elementos estructurales.

6. Requisitos ambientales y de seguridad

- Cumplimiento de la Ley 99 de 1993 y el Decreto 1076 de 2015 para la gestión ambiental en la extracción de agregados.
- Aplicación de la Resolución 631 de 2015 en el control de vertimientos.
- Disposición final de residuos de laboratorio conforme al Decreto 472 de 2017.
- Uso de elementos de protección personal (EPP) para técnicos y operadores, de acuerdo con la NRR 625 y la normativa de riesgos laborales.

7. Requisitos de aceptación

- Todos los ensayos deben contar con validación por repetibilidad (mínimo tres muestras por prueba crítica).
- Los resultados deberán ser respaldados por el Área de Control de Calidad y el Ingeniero de Materiales.
- El informe final debe recibir la aprobación de la Gerencia General y ser aceptado por los clientes piloto (constructoras asociadas).

Este documento de requisitos funcionará como fundamento para la Matriz de Trazabilidad de Requisitos, garantizando que cada necesidad identificada esté relacionada con un entregable y un criterio de aceptación del proyecto.

c. Matriz de Trazabilidad de Requisitos

La siguiente matriz relaciona los requisitos del proyecto “Evaluación de Morfología en Agregados Para Elaboración de Concreto Hidráulico Empleado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado” con su correspondiente fuente, entregable, criterio de aceptación y responsable asignado.

Matriz de Trazabilidad de Requisitos

Tabla 18. Matriz de Trazabilidad de Requisitos

ID Req.	Descripción del requisito	Fuente/Interesado	Tipo	Entregable asociado	Criterio de aceptación	Responsable
RQ-01	Cumplimiento de normas ASTM/NTC/INVIAS en caracterización de agregados.	Gerencia / Entes reguladores	Técnico / Normativo	Informe técnico de caracterización	Comparación completa con normas ASTM C33, C127, C128, C136, C117 y NTC 1741.	Área de Control de Calidad
RQ-02	Módulo de finura de arena entre 2.3 – 3.1.	Área de Producción / Control de Calidad	Técnico	Resultados de granulometría	Valores dentro del rango definido por ASTM C136.	Ingeniero de Materiales

RQ-03	Contenido de material fino (#200) ≤ 5 %.	Gerencia / Clientes	Técnico	Informe de ensayo de finos	Resultados según ASTM C117 ≤ 5 %.	Técnico de laboratorio
RQ-04	Equivalente de arena ≥ 75 %.	Control de Calidad / Reguladores	Técnico	Informe de ensayo de equivalente de arena	Resultados según ASTM D2419 ≥ 75 %.	Laboratorio interno
RQ-05	Resistencia mínima de 25 MPa a 28 días (estructural).	Clientes / Constructoras	Técnico / Calidad	Ensayos de resistencia a compresión	Resultados ≥ 25 MPa (ASTM C39 / NTC 4025).	Jefe de Planta
RQ-06	Documentación técnica estandarizada.	Gerencia / Reguladores	Documental	Informe final del proyecto	Informe preliminar e informe final entregados en formato ICONTEC/APA.	Project Manager
RQ-07	Reducción de reprocesos ≥ 15 %.	Gerencia / Financiera	Negocio / Económico	Reporte comparativo de producción	Indicador de no conformidades disminuido ≥ 15 %.	Área de Producción
RQ-08	Informe fotográfico y georreferenciado de fuentes de agregados.	Comunidades locales / Reguladores	Ambiental / Social	Anexo ambiental del informe	Registro de todas las fuentes con evidencia fotográfica y ubicación GPS.	Ingeniero de Materiales
RQ-09	Uso de EPP y cumplimiento de normas de seguridad en ensayos.	Reguladores / Equipo técnico	Seguridad	Actas de seguridad laboral	Cero incidentes reportados durante ejecución.	Coordinador de Seguridad
RQ-10	Socialización de resultados con stakeholders clave.	Gerencia / Clientes	Comunicación	Presentación ejecutiva	Acta de reunión con validación de Gerencia y clientes.	Project Manager

Fuente: Autores.

Interpretación

- Cada requisito tiene trazabilidad con su fuente (quién lo solicita), un entregable específico y un criterio de aceptación medible.
- La matriz facilita el control de calidad, ya que garantiza que ningún requisito quede sin validación.

- Además, servirá como insumo para auditorías internas y externas, al demostrar el cumplimiento normativo y contractual.

Esta matriz se actualizará a lo largo del ciclo de vida del proyecto para reflejar cambios aprobados en el alcance y asegurar el control sobre la alineación con los interesados.

d. Actas de Cierre de Proyecto o Fase

Las actas de cierre son documentos oficiales que validan la finalización exitosa de una fase del proyecto o del proyecto en su conjunto. Estas actas permiten:

- Confirmar la aceptación de los entregables por parte de los interesados principales.
- Documentar el cumplimiento de criterios técnicos, económicos y de tiempo.
- Generar un registro formal para propósitos de auditoría, trazabilidad y lecciones aprendidas.

Formato de Acta de Cierre de Fase/Proyecto

Tabla 19. Formato de Acta de Cierre de Fase/Proyecto

Campo	Descripción
Nombre del Proyecto	Evaluación de Morfología en Agregados Para Elaboración de Concreto Hidráulico Empleado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado
Fase que se cierra	Ej.: Ensayos físicos de laboratorio, Validación práctica, Informe final.
Fecha de cierre	Día, mes y año en que se da por concluida la fase o el proyecto.
Objetivos de la fase/proyecto	Breve recordatorio de los objetivos específicos de la fase.
Entregables producidos	Listado de documentos, informes, resultados o productos generados en la fase.
Criterios de aceptación cumplidos	Confirmación de cumplimiento de normas (ASTM/NTC/INVIAS), resistencias alcanzadas, desviación estándar, documentación entregada.

Lecciones aprendidas	Identificación de aciertos, problemas recurrentes y mejoras para fases posteriores o proyectos futuros.
Firma de responsables	Project Manager, Gerencia General, Área de Control de Calidad, Producción, Clientes (si aplica).
Decisión	Aprobación formal para cerrar la fase o el proyecto. Puede incluir observaciones o condiciones adicionales.

Fuente: Autores.

Ejemplo aplicado – Acta de cierre de la fase de Ensayos Físicos

- **Nombre del Proyecto:** Evaluación de Morfología en Agregados Para Elaboración de Concreto Hidráulico Empleado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado.
- **Fase que se cierra:** Ensayos Físicos de agregados (granulometría, densidad, absorción, equivalente de arena, finos).
- **Fecha de cierre:** 04/12/25 (según cronograma).
- **Objetivos de la fase:** Obtener la caracterización granulométrica y físico–mecánica de agregados finos y gruesos conforme a normas ASTM C136, C127, C128, C117 y D2419.
- **Entregables producidos:** Informe parcial de propiedades físicas de agregados; tablas comparativas frente a normas; base de datos de resultados.
- **Criterios de aceptación cumplidos:**
 - Módulo de finura dentro del rango 2.3–3.1.
 - Equivalente de arena ≥ 75 %.
 - Contenido de finos ≤ 5 %.
- **Lecciones aprendidas:** Se identificó la necesidad de calibrar tamices antes de los ensayos para evitar desviaciones; recomendación de reforzar controles de muestreo.
- **Firma de responsables:** Project Manager, Ingeniero de Materiales, Jefe de Planta.

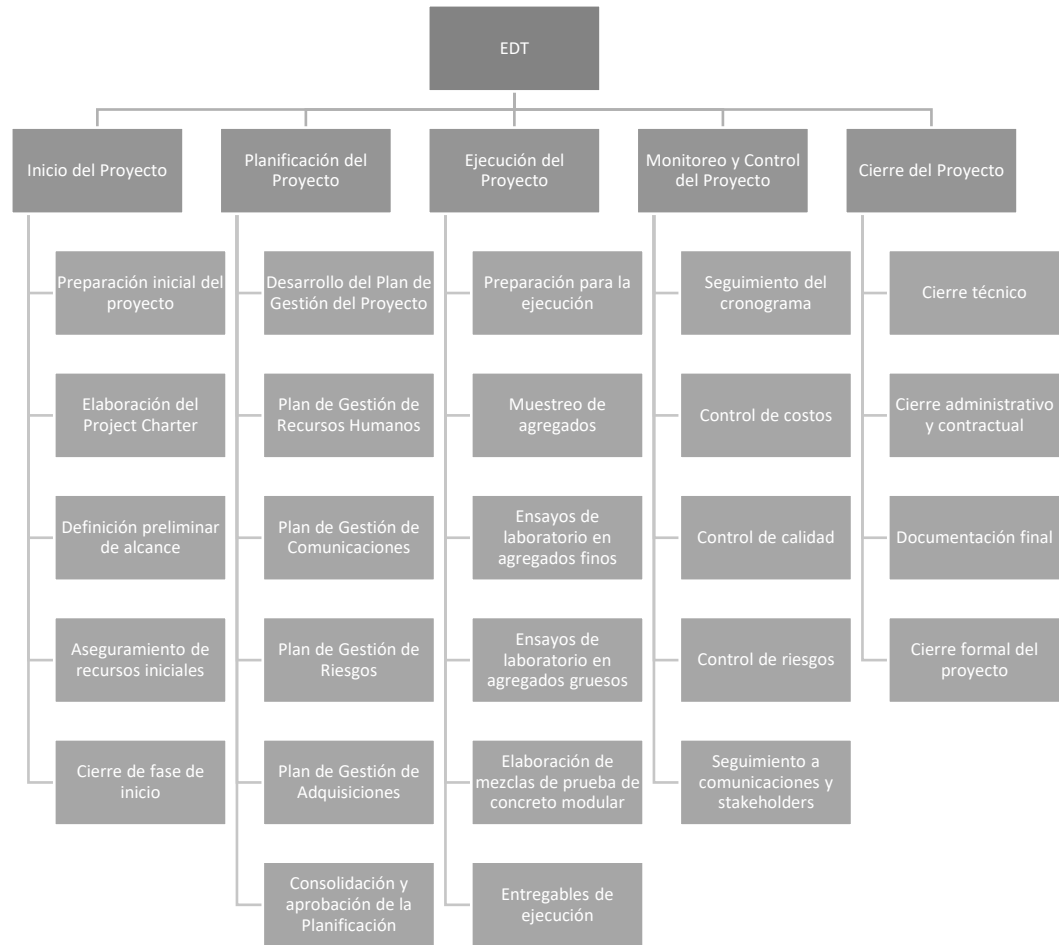
- **Decisión:** Se aprueba formalmente el cierre de la fase de ensayos físicos y se autoriza avanzar hacia la fase de análisis de resultados e informe preliminar.

Estas actas se generarán al concluir cada fase del cronograma (planificación, ensayos físicos, análisis de resultados, validación práctica, informe final, socialización), además de una última Acta de Cierre del Proyecto, que consolidará la aceptación final por parte de la Gerencia General y los stakeholders clave.

e. Línea Base de Alcance con EDT/WBS a Quinto Nivel de Desagregación.

La Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT) presentada corresponde al segundo nivel de desagregación, lo que permite visualizar de manera ordenada los principales paquetes de trabajo sin entrar aún en el detalle operativo de cada uno. Su objetivo es representar jerárquicamente el alcance total del proyecto, garantizando que todas las fases, entregables y componentes estén definidos de forma clara, medible y controlable.

Figura 6. EDT



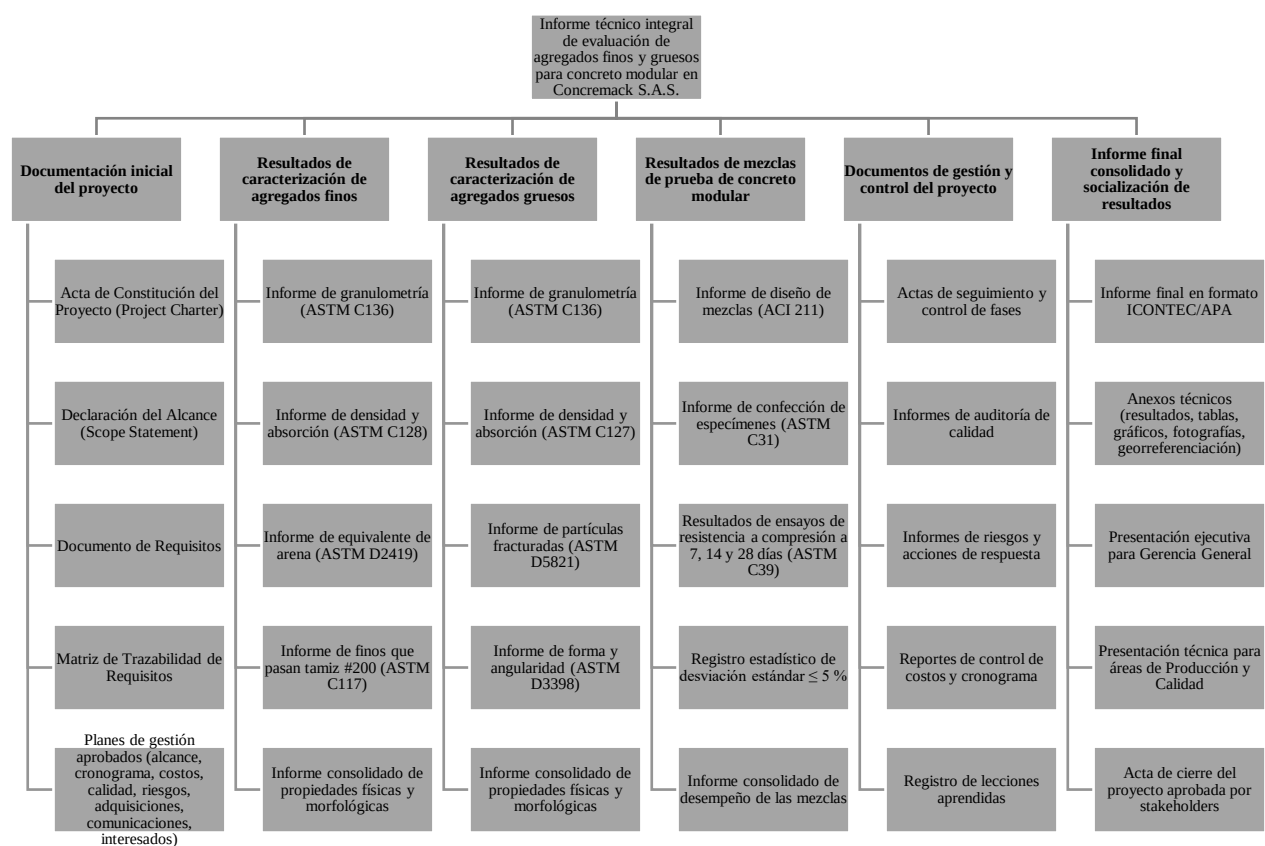
Fuente: Autores.

Debido a la extensión del proyecto y la complejidad de sus procesos, la EDT se presenta únicamente hasta el segundo nivel, lo que facilita su comprensión y gestión sin sobrecargar el documento con niveles inferiores de detalle que se abordan en el diccionario de la EDT y en los planes específicos de gestión. Esta estructura constituye la base para la planificación del cronograma, los costos y la asignación de recursos, asegurando coherencia entre el alcance aprobado y los entregables finales del proyecto.

f. EDP

La Estructura de Desglose de Productos (EDP) presentada corresponde a la representación jerárquica de los entregables principales del proyecto “Evaluación integral de agregados finos y gruesos para concreto modular en Concremack S.A.S.”. Este desglose permite identificar de manera clara los productos que se obtendrán en cada fase, asegurando la trazabilidad entre los objetivos del proyecto, los resultados de laboratorio y la documentación técnica generada.

Figura 7. EDP



Fuente: Autores.

Debido al nivel de detalle requerido para garantizar la calidad y el cumplimiento normativo (ASTM, INVIAS, ACI e ICONTEC), la EDP se presenta en formato extendido, abarcando desde la documentación inicial y los informes de caracterización de materiales, hasta los resultados de desempeño del concreto modular y los informes finales de gestión y socialización. Esta estructura facilita el control de entregables, la verificación de resultados y la validación por parte de los stakeholders.

g. Diccionario de la WBS

El diccionario de la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT/WBS) es un documento complementario que detalla la información específica de cada componente o paquete de trabajo definido en la EDT. Incluye elementos como el código identificador, nombre, descripción del trabajo, entregables asociados, responsables, recursos, criterios de aceptación, dependencias e hitos vinculados.

Su propósito es proporcionar claridad operativa y trazabilidad durante la ejecución del proyecto, asegurando que todos los involucrados comprendan el alcance, las responsabilidades y los resultados esperados en cada nivel de descomposición. De esta forma, el diccionario de la WBS se convierte en una herramienta clave para la gestión del alcance, la planificación y el control del proyecto.

Proyecto: *Evaluación de Morfología en Agregados Para Elaboración de Concreto Hidráulico Empleado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado.*

Estructura del Diccionario de la WBS

Cada entrada del diccionario contiene:

- **Código WBS:** Identificador único jerárquico.
- **Nombre del paquete de trabajo:** Título según EDT.

- **Descripción:** Detalle del trabajo a realizar.
- **Entregables:** Productos o resultados esperados.
- **Responsable:** Rol encargado de la ejecución.
- **Criterios de aceptación:** Condiciones para considerar el paquete como completado.
- **Recursos asignados:** Humanos, materiales y financieros.

Ver anexo: Anexo C. Diccionario_WBS_Concremak

3.2.3 Plan de Gestión de Comunicaciones

a. Matriz de Comunicaciones

Matriz de Comunicaciones del Proyecto

Tabla 20. Matriz de Comunicaciones del Proyecto

Código	Interesado / Grupo	Información a comunicar	Formato / Medio	Frecuencia	Responsable	Criterios de éxito
MC-01	Gerencia General	Avances estratégicos del proyecto, riesgos críticos, uso de recursos	Informe ejecutivo, presentación en comité	Mensual	Project Manager	Informe aprobado y validado en comité
MC-02	Área de Producción	Resultados de ensayos de agregados y mezclas, incidencias técnicas	Reporte técnico, reuniones presenciales	Quincenal	Ingeniero de Materiales	Reportes entregados en plazo y comprendidos por Producción
MC-03	Área de Calidad	Protocolos de muestreo, ensayos, validación normativa	Informes técnicos, correo electrónico	Semanal	Ingeniero de Calidad	Cumplimiento de NTC/ASTM/INVIAS, retroalimentación registrada
MC-04	Área de Compras y Logística	Necesidades de insumos, contratación de laboratorios, transporte de muestras	Solicitudes escritas, correos, actas	Según necesidad	Coordinador Logístico	Suministros entregados en tiempo y forma

MC-05	Técnicos de Laboratorio	Procedimientos de ensayo, protocolos de seguridad, formatos de registro	Manuales, capacitaciones, carteleras	Semanal	Ingeniero de Materiales	Protocolos aplicados correctamente y sin incidentes
MC-06	Proveedores de agregados	Especificaciones de material, cronograma de entregas	Órdenes de compra, correos, llamadas	Según entregas	Área de Compras	Material entregado en condiciones acordadas
MC-07	Clientes piloto	Avances de resultados preliminares, validación de mezclas	Informe técnico resumido, reunión virtual/presencial	Bimestral	Project Manager	Clientes informados y retroalimentación incorporada
MC-08	Entidades regulatorias (ICONTEC, ONAC, MinAmbiente)	Cumplimiento normativo, registros de ensayos acreditados	Reportes oficiales, formularios	Según requerimiento legal	Project Manager	Cumplimiento sin sanciones o requerimientos
MC-09	Comunidad local	Información sobre impacto ambiental y social del proyecto	Carteleras, reuniones comunitarias	Trimestral	Coordinador de Seguridad y Ambiente	Registro de asistencia y no reclamaciones significativas
MC-10	Equipo de Proyecto	Cronograma de actividades, distribución de responsabilidades, seguimiento	Reuniones internas, actas, correo	Semanal	Project Manager	Asistencia a reuniones y cumplimiento de acuerdos

Fuente: Autores.

Observaciones clave

- Se establece la comunicación tanto interna (áreas de Concremack) como externa (clientes, proveedores, reguladores, comunidad).
- Se combinan medios formales (actas, informes, presentaciones) con informales (llamadas, reuniones breves) según la criticidad.
- Se busca cumplir con los principios de transparencia, oportunidad y adecuación para cada stakeholder, tal como sugiere el PMBOK (PMI, 2021).

- En el contexto colombiano, se asegura la trazabilidad documental en línea con la Ley 594 de 2000 - Ley General de Archivos y la Ley 1712 de 2014 - Transparencia y Acceso a la Información Pública.

b. Flujograma de las Comunicaciones (Procesos de Escalamiento de la Información)

1. Flujo Normal de la Información

1. **Técnicos de laboratorio** → registran resultados de ensayos en formatos estandarizados.
2. **Ingeniero de Materiales** → consolida resultados y genera reportes técnicos semanales.
3. **Project Manager** → valida la información y la comunica:
 - a Gerencia General (resumen ejecutivo mensual).
 - a Producción y Calidad (reportes quincenales).
 - a Compras y Logística (cuando implica insumos o contrataciones).
4. **Área de Comunicaciones** (cuando aplica) → publica en repositorio institucional y notifica a stakeholders externos.

2. Escalamiento de Incidencias (Riesgos u Obstáculos)

- **Nivel 1 – Interno Operativo**

Técnico de laboratorio detecta anomalía → reporta al Ingeniero de Materiales.

→ Si se resuelve, se documenta y cierra.

- **Nivel 2 – Gestión Técnica**

Ingeniero de Materiales determina que el problema afecta resultados → escala al Project Manager.

→ Se revisan posibles ajustes de cronograma y ensayos.

- **Nivel 3 – Dirección del Proyecto**

Project Manager informa a Gerencia General en reunión extraordinaria.

→ Si involucra proveedores o clientes, se notifica oficialmente.

- **Nivel 4 – Escalamiento Crítico**

Si la incidencia implica incumplimiento normativo, riesgos ambientales o sobre costos significativos:

Gerencia General convoca Comité de Proyecto (Gerencia, Project Manager, Calidad, Producción, Finanzas).

→ Se define acción correctiva o plan de contingencia.

3. Flujo de Comunicación con Stakeholders Externos

- **Clientes piloto** → reciben resultados bimestrales y, en caso de desviaciones críticas, se les convoca a reunión extraordinaria.
- **Entidades regulatorias (ICONTEC, ONAC, MinAmbiente)** → se notifica solo en instancias formales cuando lo exige la normativa.
- **Comunidad local** → recibe comunicación trimestral y únicamente se escala a Gerencia si existen reclamaciones formales.

Este esquema permite:

- **Estandarizar canales** de comunicación.
- **Asegurar trazabilidad documental**, clave en auditorías.
- Cumplir con normativas colombianas como la **Ley 594 de 2000 (Archivos)** y la **Ley 1712 de 2014 (Transparencia)**.

c. Glosario de Terminología Común

Proyecto: Evaluación de Morfología en Agregados Para Elaboración de Concreto

Hidráulico Empleado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado

Tabla 21. Glosario de terminología común

Término	Definición en el contexto del proyecto
Agregado fino	Material granular natural (arena) que pasa por el tamiz N° 4 (4,75 mm) y es retenido en el tamiz N° 200 (0,075 mm), utilizado en la elaboración de concreto.
Agregado grueso	Material granular (grava) retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm), empleado como componente del concreto para aportar resistencia y estabilidad.
Morfología de agregados	Estudio de la forma, textura superficial y características geométricas de las partículas de los agregados.
Granulometría	Distribución del tamaño de las partículas de los agregados, determinada mediante análisis de tamizado.
Relación A/C (agua/cemento)	Proporción en peso entre el agua y el cemento en una mezcla de concreto; influye directamente en la resistencia y durabilidad.
Ensayo de absorción	Prueba para determinar la capacidad de los agregados de retener agua, expresada como porcentaje respecto a su peso seco.
Densidad aparente	Relación entre la masa de los agregados y el volumen total que ocupan, incluyendo vacíos entre partículas.
Muestreo	Proceso de obtención de porciones representativas de agregados en canteras o ríos para ser analizadas en laboratorio.
Control de calidad	Conjunto de procedimientos y técnicas implementadas para garantizar que los resultados cumplan con las normas NTC, INVIAS, ASTM y requisitos del proyecto.
WBS (Work Breakdown Structure / EDT)	Estructura de Desglose del Trabajo que organiza jerárquicamente las actividades y entregables del proyecto.
Línea base	Versión aprobada de alcance, cronograma o costos que sirve como referencia para el seguimiento y control.
Stakeholders (Interesados)	Personas, grupos u organizaciones que pueden afectar o verse afectados por el proyecto (ej. Gerencia, clientes, proveedores, comunidad).
Acta de constitución (Project Charter)	Documento que autoriza formalmente el inicio del proyecto y otorga autoridad al Project Manager para utilizar recursos.

Informe técnico	Documento que contiene resultados, análisis y conclusiones de los ensayos y pruebas realizadas en laboratorio.
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, organismo encargado de la normalización en Colombia.
ONAC	Organismo Nacional de Acreditación de Colombia, encargado de acreditar laboratorios de ensayo y calibración.
NSR-10	Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, norma aplicable al concreto y sus materiales en proyectos de construcción.
PMBOK	Project Management Body of Knowledge, guía de estándares de gestión de proyectos del PMI.
Comité de Proyecto	Instancia directiva conformada por Gerencia, Project Manager y líderes de áreas clave, que toma decisiones estratégicas en situaciones críticas.
Acta de cierre	Documento que certifica la finalización de una fase o del proyecto en su totalidad, con aprobación de Gerencia.

Fuente: Autores.

Este glosario debe ser distribuido a todos los interesados, tanto internos como externos, como documento de referencia imprescindible para las comunicaciones del proyecto.

3.2.4 Plan de Gestión del Cronograma

a. Listado de Actividades con Estimación de Duraciones Esperadas con Uso de la Distribución PERT Beta-Normal.

Para la planificación del proyecto se elaboró un listado detallado de actividades utilizando la estructura de desglose de trabajo (WBS), asignando a cada una de ellas una estimación de duración fundamentada en el método Program Evaluation and Review Technique (PERT). Este enfoque se basa en la aplicación de la distribución beta, que permite modelar la incertidumbre en la duración de las tareas, y posteriormente se aproxima a una distribución normal para propósitos de cálculo y análisis.

Cada actividad fue evaluada bajo tres escenarios de tiempo:

- **Optimista (O):** indica la duración más corta posible de la actividad, suponiendo condiciones ideales de ejecución.
- **Más probable (M):** representa la duración considerada más realista, basándose en la experiencia anterior y las condiciones típicas de operación.
- **Pesimista (P):** se refiere a la duración máxima estimada, incluyendo retrasos, contingencias u obstáculos potenciales.

A partir de estos valores se calcularon dos indicadores clave:

1. **Duración esperada (TE):** determinada con la fórmula PERT:

$$TE = \frac{O + 4M + P}{6}$$

Esta ponderación otorga mayor peso al valor más probable (M), logrando un promedio más representativo del escenario real del proyecto.

2. **Desviación estándar (σ) y Varianza (σ^2):**

$$\sigma = \frac{P - O}{6}, \sigma^2 = \sigma^2$$

Estos parámetros permiten medir la dispersión y la incertidumbre asociada a cada actividad, información clave para el análisis de riesgos del cronograma y la posterior identificación de la ruta crítica.

Con esta metodología, se estableció un cronograma base fundamentado en probabilidades en lugar de estimaciones determinísticas, lo que incrementó la fiabilidad de la planificación temporal. El resultado es un plan de actividades más realista y adaptable a las condiciones de ejecución, alineado con las mejores prácticas del PMBOK y estándares de planificación de proyectos de ingeniería.

En síntesis, el uso de la distribución PERT beta-normal permitió:

- Incluir la incertidumbre en la estimación de tiempos.
- Establecer valores esperados que se ajusten mejor al comportamiento real.
- Producir insumos cuantitativos para simular escenarios y analizar riesgos en el cronograma.
- Garantizar una mayor solidez en la línea base temporal del proyecto.

b. Línea Base Tiempo

La línea base de tiempo representa el cronograma oficial aprobado del proyecto, que funcionará como punto de referencia para evaluar el desempeño temporal durante su ejecución. Con base en la estimación de las duraciones esperadas utilizando la metodología PERT beta-normal, se elaboró un plan secuenciado de actividades que refleja la totalidad del alcance definido en la WBS.

Este proceso incluyó las siguientes etapas:

1. **Integración de duraciones esperadas (TE):** se utilizaron los valores calculados para cada actividad a fin de crear un cronograma con tiempos promedio realistas, reduciendo así la dependencia de estimaciones subjetivas.
2. **Secuenciación de actividades:** mediante relaciones de precedencia lógica (fin–inicio, inicio–inicio, fin–fin), se definió el orden de ejecución y las dependencias entre actividades, asegurando la coherencia del plan.
3. **Identificación de la ruta crítica:** el análisis de la red de actividades permitió identificar el conjunto de tareas que no admite holguras, convirtiéndose en el trayecto que determina la duración total del proyecto. La ruta crítica se transforma así en el foco de control y seguimiento principal para garantizar el cumplimiento del cronograma.

4. **Definición de hitos:** se establecieron puntos clave de control y entrega parcial (entregas de informes técnicos, resultados de laboratorio, aprobaciones de calidad y socialización con la gerencia), los cuales funcionan como marcadores de avance y permiten evaluar el progreso en relación al plan.
5. **Consolidación del cronograma base:** con la información de actividades, dependencias, holguras y tiempos críticos, se configuró el cronograma inicial aprobado, que se convierte en la línea base de tiempo.

La línea base de tiempo refleja, por lo tanto, el compromiso formal entre el equipo del proyecto, la gerencia y los stakeholders, y se utilizará en los procesos de monitoreo y control para:

- Evaluar las desviaciones en comparación con el plan aprobado.
- Aplicar análisis de variación y rendimiento (SPI – Schedule Performance Index).
- Identificar retrasos anticipados y sugerir acciones correctivas.
- Actualizar proyecciones de finalización utilizando métodos de control de cronograma (Earned Value Management).

La línea base de tiempo es el elemento clave para la gestión del cronograma, asegurando la trazabilidad de las decisiones y la posibilidad de comparar el progreso real con las expectativas establecidas.

Ver apéndice: 8. Apéndices

Apéndice A. LÍNEA BASE DE TIEMPO

Ver anexo: Anexo B. PlanCronograma_PERT_Concremak

c. Diagrama de Red (Producto de la Programación en Ms Project Completamente Cerrado “Canónico”)

El diagrama de red creado en MS Project, resultado del cierre completo de la programación en su modalidad canónica, permitió establecer la secuencia lógica de todas las actividades, integrando las relaciones de precedencia, las dependencias entre fases y la asignación de recursos definidas en la planificación del proyecto.

Como resultado, se consolidó un horizonte de ejecución de 480,97 días, con una fecha de inicio el jueves 1 de febrero de 2024 y una fecha de finalización prevista para el jueves 4 de diciembre de 2025. Este intervalo temporal refleja no solo la complejidad técnica del proyecto, sino también la articulación de múltiples procesos de investigación, ensayos de laboratorio, validaciones normativas, socialización con stakeholders y cierre administrativo-financiero.

El análisis del diagrama evidencia que:

- La ruta crítica está compuesta principalmente por actividades de muestreo, caracterización de agregados, diseño de mezclas y ensayos de resistencia mecánica, seguidas de las fases de consolidación de resultados y cierre formal del proyecto.
- Las actividades con mayor holgura corresponden a procesos de soporte administrativo, socialización y documentación, lo que brinda cierta flexibilidad para absorber retrasos sin afectar la fecha de entrega final.
- La programación canónica asegura que la duración total se ajuste al método PERT y a la lógica de predecesoras definida, garantizando consistencia entre el cronograma, el presupuesto y el plan de riesgos.

- La extensión del cronograma, que se aproxima a tres años, responde a la naturaleza de proyectos de investigación aplicada en ingeniería de materiales, donde los ciclos de ensayo, validación y revisión requieren tiempos prolongados y secuenciales.

El diagrama de red es una representación completa del proyecto, que permite visualizar el flujo de actividades, identificar la ruta crítica, detectar holguras operativas y establecer un plan de control que facilitará un seguimiento riguroso de cada fase hasta su culminación en diciembre de 2025.

Ver apéndice: Apéndice B. DIAGRAMA DE RED

**d. Cronograma – Diagrama de Gantt (Con No Menos de 200 Líneas en MS Project),
Donde se Identifique la Ruta Crítica**

El cronograma del proyecto fue diseñado en MS Project siguiendo un enfoque por fases, lo que facilitó la organización lógica y secuencial de las actividades desde el inicio hasta el cierre formal del proyecto. La representación en diagrama de Gantt muestra la interdependencia de las tareas, la duración de cada fase y la alineación de los entregables clave con los hitos de gestión establecidos.

De acuerdo con los resultados, el proyecto tiene una duración total de 480,97 días, comenzando el 1 de febrero de 2024 y con una finalización prevista para el 4 de diciembre de 2025.

El cronograma se organiza en cinco grandes fases:

1. Inicio del Proyecto (99,58 días)

Incluye la preparación inicial, la creación del Project Charter, la definición preliminar del alcance, la obtención de recursos iniciales y el cierre formal de la fase de inicio. Esta etapa, que

transcurre entre febrero de 2024 y junio de 2024, establece los lineamientos estratégicos y formaliza el proyecto.

2. Planificación del Proyecto (232,01 días)

Comprende el desarrollo de los planes de gestión (recursos humanos, comunicaciones, riesgos y adquisiciones), así como la consolidación y aprobación de la planificación. Esta fase se extiende de marzo de 2024 a febrero de 2025 y es fundamental para asegurar la coherencia entre alcance, cronograma, costos, calidad y riesgos.

3. Ejecución del Proyecto (228,08 días)

Se lleva a cabo entre agosto de 2024 y julio de 2025, abarcando actividades de preparación, muestreo de agregados, ensayos de laboratorio (finos y gruesos), elaboración de mezclas de prueba y entrega de resultados. Es la fase crítica que convierte la planificación en resultados técnicos concretos.

4. Monitoreo y Control del Proyecto (263,4 días)

Iniciando en noviembre de 2024 y prolongándose hasta noviembre de 2025, incluye el seguimiento del cronograma, control de costos, gestión de calidad, administración de riesgos y supervisión de las comunicaciones con los interesados. Este proceso transversal asegura la trazabilidad, conformidad normativa y control de variaciones.

5. Cierre del Proyecto (229,82 días)

Consiste en el cierre técnico, administrativo y contractual, la consolidación de la documentación final y el cierre formal del proyecto. Su duración abarca de enero de 2025 a diciembre de 2025, garantizando la entrega de productos validados y el cumplimiento de estándares de calidad y normatividad aplicable.

Análisis del cronograma:

- El Gantt presenta un traslape controlado entre fases (planificación–ejecución y ejecución–monitoreo), lo que optimiza los tiempos y permite iniciar actividades técnicas mientras se realizan ajustes de gestión.
- La fase de ejecución se centra en las tareas críticas relacionadas con el muestreo y ensayos, que determinan la validez técnica del proyecto.
- La duración total de casi dos años se debe a la complejidad del ciclo experimental, la necesidad de validaciones sucesivas y la carga documental requerida en proyectos de investigación aplicada.
- El uso del diagrama de Gantt facilita la visualización temporal de entregables, la ruta crítica y las dependencias, actuando como herramienta central de control y comunicación para la Gerencia y los interesados.

En resumen, el cronograma diseñado en MS Project y mostrado en el diagrama de Gantt asegura la integración de actividades, tiempos y recursos, proporcionando una guía clara y realista para la exitosa ejecución del proyecto hasta su finalización en diciembre de 2025.

Ver apéndice: Apéndice C. CRONOGRAMA

e. Nivelación de Recursos y Uso de Recursos

La nivelación y asignación de recursos se realizó en MS Project para asegurar una distribución justa de las cargas de trabajo a lo largo del cronograma, evitando sobreasignaciones y maximizando la utilización de las capacidades disponibles.

Según el análisis, los resultados del uso de recursos se distribuyen de la siguiente manera:

- Project Manager (2.245,88 horas): Es el recurso con mayor carga de trabajo, lo que es coherente con su rol central en la dirección, toma de decisiones y seguimiento en todas

las fases del proyecto. La nivelación garantiza que sus horas se distribuyan principalmente en actividades críticas de inicio, planificación y control.

- Ingeniero de Materiales (2.036,22 horas) y Técnico de Laboratorio (1.992,08 horas): Ambos tienen una carga significativa durante la fase de ejecución (muestreo, ensayos y validaciones). La nivelación permite escalonar sus intervenciones, evitando concentraciones de trabajo excesivas y asegurando una continuidad operativa sin generar cuellos de botella.
- Jefe de Planta (633,45 horas): Su participación es puntual y estratégica, principalmente en actividades de preparación de equipos, coordinación de producción y validación de mezclas de prueba. El cronograma refleja un uso equilibrado que no genera conflictos de disponibilidad.
- Profesional de Calidad (2.350,34 horas): Tiene una carga alta debido a su rol transversal en la validación normativa, control de resultados y aseguramiento de calidad. La nivelación distribuye sus horas de manera paralela a los hitos de ejecución y cierre, alineando su trabajo con las actividades críticas de control.
- Profesional de Comunicaciones (1.215,88 horas): Se enfoca en actividades de socialización, reportes y gestión de stakeholders. Su carga está nivelada en las fases de planificación, ejecución y cierre, garantizando la continuidad de la estrategia de comunicación.
- Personal Administrativo y Financiero (2.636,08 horas): Representa un recurso clave para la gestión presupuestaria, adquisiciones y cierre financiero. Su carga de trabajo se nivela en periodos cruciales de control de costos, adquisiciones y documentación final, evitando sobreasignaciones.

- Seguridad y Salud en el Trabajo – SST (648,4 horas): Participa de manera transversal en actividades de campo, muestreo y ejecución, así como en capacitaciones de seguridad. La nivelación asegura su disponibilidad en paralelo a actividades críticas de laboratorio y ejecución en planta.
- Proveedores de agregados finos y gruesos (5,02 y 4,17), aditivos químicos (1), energía eléctrica de planta (1) y transporte y logística (222,3 horas): Estos recursos materiales presentan una asignación estable y controlada. La nivelación permitió programar su uso conforme a la secuencia de muestreos, ensayos y elaboración de mezclas, evitando sobreconsumo o interrupciones en el suministro.

Análisis global:

- El proceso de nivelación reveló que los recursos humanos clave (Project Manager, Ingeniero de Materiales, Técnico de Laboratorio y Profesional de Calidad) acumulan la mayor carga de trabajo, lo que refleja la naturaleza técnica y de gestión del proyecto.
- Los recursos materiales (agregados, aditivos, energía y logística) fueron utilizados de forma controlada, evitando la sobredemanda y manteniendo coherencia con la capacidad de la planta y las condiciones de ensayo.
- La nivelación garantiza una distribución equilibrada de horas, disminuye el riesgo de retrasos por sobrecarga y asegura la disponibilidad de personal y materiales en los hitos más importantes del cronograma.
- En términos de eficiencia, el uso de recursos está en línea con la duración total del proyecto (480,97 días) y con la ruta crítica establecida en la programación.

El proceso de nivelación y el análisis del uso de recursos facilitaron el ajuste de cargas de trabajo y consumos de materiales de forma lógica y realista, asegurando un equilibrio entre la

disponibilidad de personal especializado, los tiempos de ejecución y el suministro oportuno de insumos para lograr los objetivos del proyecto sin generar sobrecostos ni retrasos.

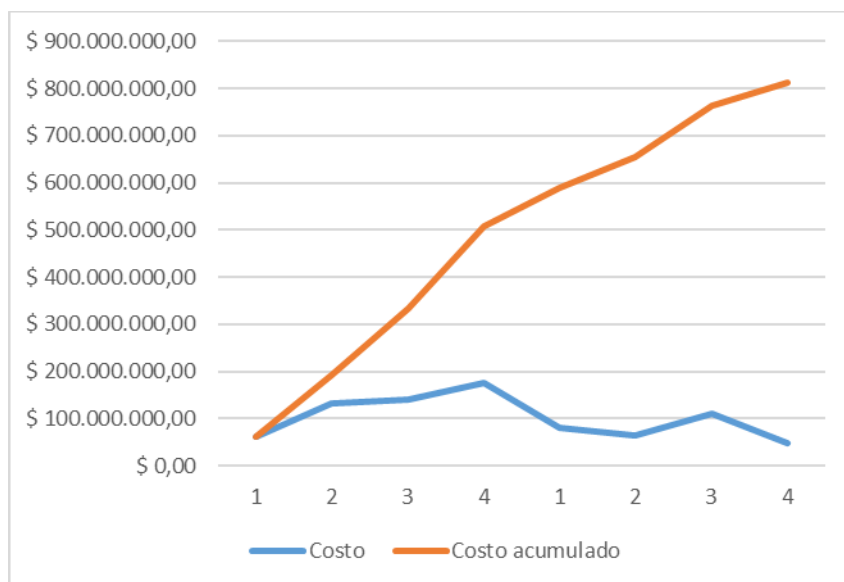
Ver apéndice: Apéndice D. USO DE RECURSOS

3.2.5 Plan de Gestión del Costo

a. Línea Base de Costos

La línea base de costos es el estándar aprobado que permite evaluar y gestionar el rendimiento financiero del proyecto durante todo su ciclo de vida. En este caso, el gráfico ilustra el comportamiento de los costos por periodo (línea azul) y del costo acumulado (línea naranja), destacando la estructura de desembolsos planificados.

Figura 8. Línea base de costos



Fuente: Autores.

Análisis del comportamiento:

1. Tendencia inicial:

- En la fase inicial del proyecto, los costos son moderados y se centran principalmente en las etapas de inicio, planificación y aseguramiento de recursos.
- El costo acumulado comienza en niveles bajos, pero muestra un crecimiento constante desde el primer periodo, lo que refleja la necesidad de inversión temprana en actividades de preparación y gestión.

2. Etapa de mayor inversión:

- A partir de los primeros trimestres de ejecución, se puede notar un aumento gradual en los costos directos (ensayos de laboratorio, muestreo, adquisición de materiales, logística y recursos técnicos).
- La línea azul presenta sus picos entre los periodos 1 y 4 del segundo año, coincidiendo con la fase de ejecución intensiva y el mayor uso de materiales e insumos.

3. Acumulación de costos:

- La línea naranja muestra una curva ascendente constante, lo que indica la acumulación de gastos en relación al progreso del proyecto.
- Se observa un aumento más pronunciado en la etapa intermedia, que es coherente con la concentración de actividades críticas en laboratorio, preparación de mezclas y validación normativa.

4. Etapa de cierre:

- En los últimos periodos, los costos directos han disminuido, ya que las actividades se enfocan en el cierre técnico, administrativo y documental.

- Pese a esto, el costo acumulado se mantiene en su punto máximo, alcanzando aproximadamente \$813 millones, lo que corresponde al valor total aprobado de la línea base de costos del proyecto.

La línea base de costos muestra que el proyecto sigue una curva acumulada típica en forma de “S”, donde los desembolsos son bajos al inicio, aumentan durante la fase de ejecución y disminuyen al cierre. Este patrón es coherente con proyectos de carácter técnico y experimental, en los que los mayores gastos se concentran en la adquisición de insumos, las pruebas de laboratorio y las validaciones de calidad.

El valor total proyectado (alrededor de \$ millones) establece el límite financiero del proyecto, contra el cual se llevará a cabo el control de costos, lo que permitirá identificar variaciones, sobrecostos y la necesidad de ajustes presupuestales en cada fase.

b. Presupuesto Por Actividades

El presupuesto del proyecto ha sido desglosado según las principales fases de ejecución, asignando a cada una de ellas los costos estimados según el alcance, la duración y los recursos necesarios. El valor total estimado alcanza los \$812.841.525,93, representando el límite financiero máximo del proyecto.

Distribución de costos por fase:

1. Inicio del Proyecto – \$99.147.643,20 (12,19 % del total):

- Comprende la preparación inicial, creación del Project Charter, definición preliminar del alcance, aseguramiento de recursos y finalización de la fase de inicio.

- Aunque representa un porcentaje bastante bajo, es una inversión fundamental para asegurar la viabilidad del proyecto y establecer las bases administrativas y técnicas.

2. Planificación del Proyecto – \$318.898.797,93 (39,23 % del total):

- Es la etapa con la mayor concentración de presupuesto, ya que en ella se elaboran los planes de gestión (recursos humanos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones y calidad), junto con la consolidación y aprobación de la planificación.
- El alto peso relativo indica la naturaleza técnica del proyecto, que requiere una extensa preparación normativa, metodológica y logística antes de realizar las pruebas.

3. Ejecución del Proyecto – \$192.025.284,79 (23,62 % del total):

- Corresponde a las actividades prácticas: muestreo, ensayos de laboratorio, creación de mezclas de prueba y entrega de resultados.
- A pesar de ser la etapa donde se concreta el producto, su costo es proporcionalmente inferior al de la planificación, dado que el proyecto depende en gran medida de recursos humanos y metodologías más que de insumos costosos.

4. Monitoreo y Control – \$79.030.000,00 (9,72 % del total):

- Incluye el seguimiento del cronograma, el control de costos, la calidad, los riesgos y las comunicaciones.
- Su participación en el presupuesto es moderada, lo que refleja la necesidad de mantener un sistema de control sólido sin que esto implique una carga financiera excesiva.

5. Cierre del Proyecto – \$123.739.800,00 (15,22 % del total):

- Incluye actividades de cierre técnico, administrativo, contractual y la documentación final.
- El costo se justifica por la necesidad de consolidar resultados, cumplir con los requisitos normativos, y llevar a cabo la socialización con los distintos grupos de interés.

El análisis del presupuesto por actividades muestra una distribución equilibrada, donde la planificación acapara la mayor parte de los recursos financieros (39,23 %), seguida de la ejecución (23,62 %) y el cierre (15,22 %). Esto confirma que el proyecto está fuertemente enfocado en la planificación técnica y normativa, lo que resulta coherente con la naturaleza de los ensayos de materiales y la necesidad de cumplir con los estándares ASTM/NTC/INVIAS.

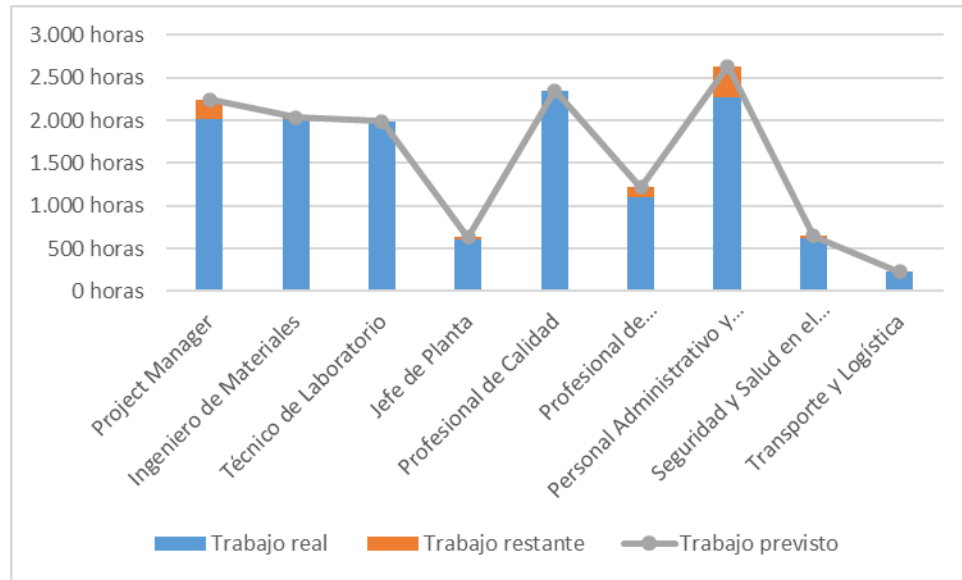
La estructura presupuestal pone de manifiesto que se ha dado prioridad a la inversión en prevención y control, reduciendo riesgos de fallas técnicas, incumplimientos normativos o desviaciones significativas durante la ejecución.

Ver apéndice: Apéndice E. PRESUPUESTO POR ACTIVIDADES

c. Estructura de Desagregación de Recursos ReBS

La Estructura de Desagregación de Recursos (ReBS) facilita la visualización de la distribución de los recursos humanos, técnicos y de apoyo logístico a lo largo del proyecto, tanto en términos del trabajo realmente realizado como del trabajo que queda por hacer, en comparación con el trabajo planeado.

Figura 9. Estructura de desagregación de recursos



Fuente: Autores.

De acuerdo con la gráfica, se destacan los siguientes hallazgos:

1. Project Manager (≈ 2.300 h):

- Es el recurso que tiene la mayor carga de trabajo a nivel global, en línea con su papel de coordinación, seguimiento y control en todas las fases.
- El trabajo que queda por hacer sigue siendo considerable, lo que demuestra que su participación continuará hasta la finalización del proyecto.

2. Ingeniero de Materiales (≈ 2.000 h) y Técnico de Laboratorio (≈ 2.000 h):

- Representan una carga significativa, enfocada principalmente en la fase de ejecución (muestreo, ensayos y preparación de mezclas).
- La discrepancia entre el trabajo realizado y el trabajo pendiente indica que todavía se anticipa un uso intensivo de estos recursos en las actividades experimentales.

3. Profesional de Calidad (≈ 2.400 h) y Personal Administrativo y Financiero (≈ 2.600 h):

- Ambos presentan una alta participación, lo que refleja la relevancia del control normativo, técnico y financiero.
- Sus curvas se mantienen constantes, ya que intervienen de forma transversal en la planificación, ejecución, control y cierre.

4. Jefe de Planta (≈ 600 h) y Seguridad y Salud en el Trabajo (≈ 600 h):

- Tienen una carga comparativa más baja, pero son fundamentales para asegurar las condiciones de la planta, la seguridad y el cumplimiento operativo.
- La mayor proporción de horas restantes sugiere que su participación será crucial en las etapas críticas de ejecución y control.

5. Profesional de Comunicaciones (≈ 1.200 h):

- Su carga de trabajo es moderada, centrada en la gestión de partes interesadas, la socialización de resultados y la difusión de información técnica.

6. Transporte y Logística (≈ 200 h):

- Presenta la carga de trabajo más baja, lo que se alinea con su función específica en el transporte de muestras y materiales, actividades que se concentran en la fase de ejecución.

Análisis global:

- El ReBS indica que el proyecto requiere un alto nivel de recursos humanos especializados (Project Manager, Ingeniero de Materiales, Técnico de Laboratorio y Profesional de Calidad), lo cual se alinea con la naturaleza investigativa y experimental del mismo.
- Los recursos de apoyo (Administrativo/Financiero y Comunicaciones) garantizan la sostenibilidad operativa y la trazabilidad documental.

- Los recursos logísticos y de planta (SST, Jefe de Planta y Transporte) presentan menores cargas, pero son estratégicamente críticos en momentos determinados.
- La comparación entre el trabajo real y el previsto revela un avance controlado, sin sobreasignaciones significativas, lo que demuestra una nivelación adecuada de recursos.

La ReBS sostiene que el éxito del proyecto depende de un balance entre liderazgo (Project Manager), soporte técnico (Ingeniero de Materiales y Técnicos de Laboratorio), control de calidad, y respaldo administrativo-financiero. El gráfico permite identificar claramente las cargas de trabajo, previniendo riesgos de sobreutilización y garantizando una asignación eficiente de esfuerzos en todas las fases del ciclo de vida del proyecto.

Ver apéndice: Apéndice F. ReBS

d. Estructura de Desagregación de Costos CBS.

La Estructura de Desagregación de Costos (CBS, Cost Breakdown Structure) divide el presupuesto total del proyecto según fases, paquetes de trabajo y categorías de gasto, facilitando un control más exacto y una trazabilidad financiera coherente con la WBS.

Con base en los datos presupuestales, los costos del proyecto se distribuyen de la siguiente forma:

1. Costos por fases principales del proyecto:

- **Inicio del Proyecto:** \$99.147.643,20
 - Corresponde a la fase inicial, desarrollo del Project Charter, definición del alcance y aseguramiento de recursos.
 - Se distingue por un gasto moderado centrado en recursos humanos, gestión documental y administración.
- **Planificación del Proyecto:** \$318.898.797,93

- Es la etapa con el mayor peso en el presupuesto ($\approx 39\%$ del total), debido a la elaboración de planes de gestión (recursos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones) y la consolidación del plan base.
- Los costos están con relacionados recursos técnicos y profesionales especializados.
- **Ejecución del Proyecto:** \$192.025.284,79
 - Incluye los costos de muestreo, pruebas de laboratorio, preparación de mezclas y ensayos de concreto modular.
 - Abarca recursos esenciales como Ingeniero de Materiales, Técnicos de Laboratorio, insumos (cemento, aditivos, agua de mezcla) y logística de transporte.
- **Monitoreo y Control:** \$79.030.000,00
 - Incluye auditorías, monitoreo de cronograma, gestión de costos, calidad y riesgos.
 - Se enfoca en profesional de calidad, Project Manager y apoyo administrativo-financiero.
- **Cierre del Proyecto:** \$123.739.800,00
 - Incluye cierre técnico, administrativo, contractual y la documentación final.
 - Los gastos principales se derivan del personal administrativo, comunicaciones y control de calidad.

2. Costos acumulados por categoría de recursos:

- Recursos humanos especializados (PM, Ingeniero, Técnico, Calidad, Comunicaciones, Administrativo): absorben la mayor parte del costo, ya que la carga horaria de estos perfiles es intensiva.

- Recursos de apoyo (SST, Jefe de Planta, Logística): su impacto es moderado, aunque esencial para la seguridad, el cumplimiento normativo y las operaciones críticas.
- Recursos materiales y suministros (Agregados, Cemento, Aditivos, Energía, Agua): representan una fracción menor del costo total, al estar más concentrados en la fase de ejecución.

3. Análisis global de la CBS:

- El proyecto cuenta con una estructura de costos equilibrada en la que la planificación (39%) y la ejecución (23%) concentran la mayor parte de la inversión.
- El inicio y cierre representan valores moderados ($\approx 9\%$ y 12% respectivamente), lo que refleja el esfuerzo de preparación y la rigurosidad en el cierre técnico y administrativo.
- El monitoreo y control (15%) garantiza la calidad, el cumplimiento y la sostenibilidad financiera.
- La CBS adopta un enfoque centrado en asegurar la calidad y confiabilidad de los resultados técnicos, invirtiendo fuertemente en recursos humanos calificados y en procesos de planificación detallada.

La CBS ofrece una visión clara de la distribución del presupuesto a lo largo del ciclo de vida del proyecto, facilitando el control de desviaciones y la toma de decisiones estratégicas. Se observa que la mayor inversión económica se realiza en la planificación y ejecución técnica, lo que asegura la solidez metodológica y la fiabilidad de los resultados de laboratorio y de campo, aspectos críticos para el éxito del proyecto.

Ver apéndice: Apéndice E. PRESUPUESTO POR ACTIVIDADES

e. Indicadores de Medición de Desempeño

La implementación de indicadores de desempeño facilita el monitoreo y control objetivo del avance del proyecto, al comparar lo planificado con lo realmente ejecutado. Estos indicadores se organizan en función de la Gestión del Valor Ganado (EVM) y de métricas relacionadas con la gestión de calidad y recursos.

1. Indicadores de tiempo y cronograma

- **Planned Value (PV / Valor Planificado):** mide el costo del trabajo programado hasta la fecha de control. Permite comparar lo planificado frente al avance real.
- **Earned Value (EV / Valor Ganado):** cuantifica el costo del trabajo efectivamente realizado.
- **Schedule Variance (SV / Variación del Cronograma):** $SV = EV - PV$.
 - Si $SV > 0$: el proyecto está adelantado.
 - Si $SV < 0$: el proyecto presenta retraso.
- **Schedule Performance Index (SPI / Índice de Desempeño del Cronograma):** $SPI = EV / PV$.
 - Valores > 1 reflejan eficiencia superior a lo planificado.
 - Valores < 1 evidencian retrasos.

2. Indicadores de costo

- **Actual Cost (AC / Costo Real):** mide los costos incurridos a la fecha de control.
- **Cost Variance (CV / Variación de Costo):** $CV = EV - AC$.
 - CV positivo: el proyecto está por debajo del presupuesto.
 - CV negativo: hay sobrecostos.
- **Cost Performance Index (CPI / Índice de Desempeño del Costo):** $CPI = EV / AC$.

- CPI > 1: ejecución eficiente en costos.
- CPI < 1: ejecución con sobrecostos.
- **Estimate at Completion (EAC / Estimación al término):** proyección de costo final con base en desempeño real.

3. Indicadores de alcance y calidad

- **Índice de Cumplimiento Normativo (ICN):** porcentaje de ensayos, resultados y procesos que cumplen con NTC/INVIAS/ASTM/NSR-10 sobre el total realizado.
- **Índice de Repetibilidad y Reproducibilidad (IRR):** porcentaje de ensayos con desviación $\leq 5\%$, reflejando confiabilidad de resultados.
- **Índice de Entregables Aceptados (IEA):** porcentaje de entregables aprobados por control de calidad sobre el total entregado.

4. Indicadores de recursos

- **Utilización de Recursos Críticos (URC):** horas efectivas trabajadas / horas planificadas $\times 100$.
- **Disponibilidad de Insumos (DI):** número de días sin interrupción por falta de materiales / total de días planificados $\times 100$.
- **Cumplimiento en Seguridad y Salud en el Trabajo (CSST):** número de incidentes reportados / horas-hombre trabajadas $\times 100$.

5. Indicadores de comunicaciones y stakeholders

- **Cumplimiento de Reportes Ejecutivos (CRE):** número de reportes entregados en tiempo / número planificado $\times 100$.
- **Nivel de Satisfacción de Stakeholders (NSS):** evaluado mediante encuestas al final de cada fase, con escala de 1 a 5.

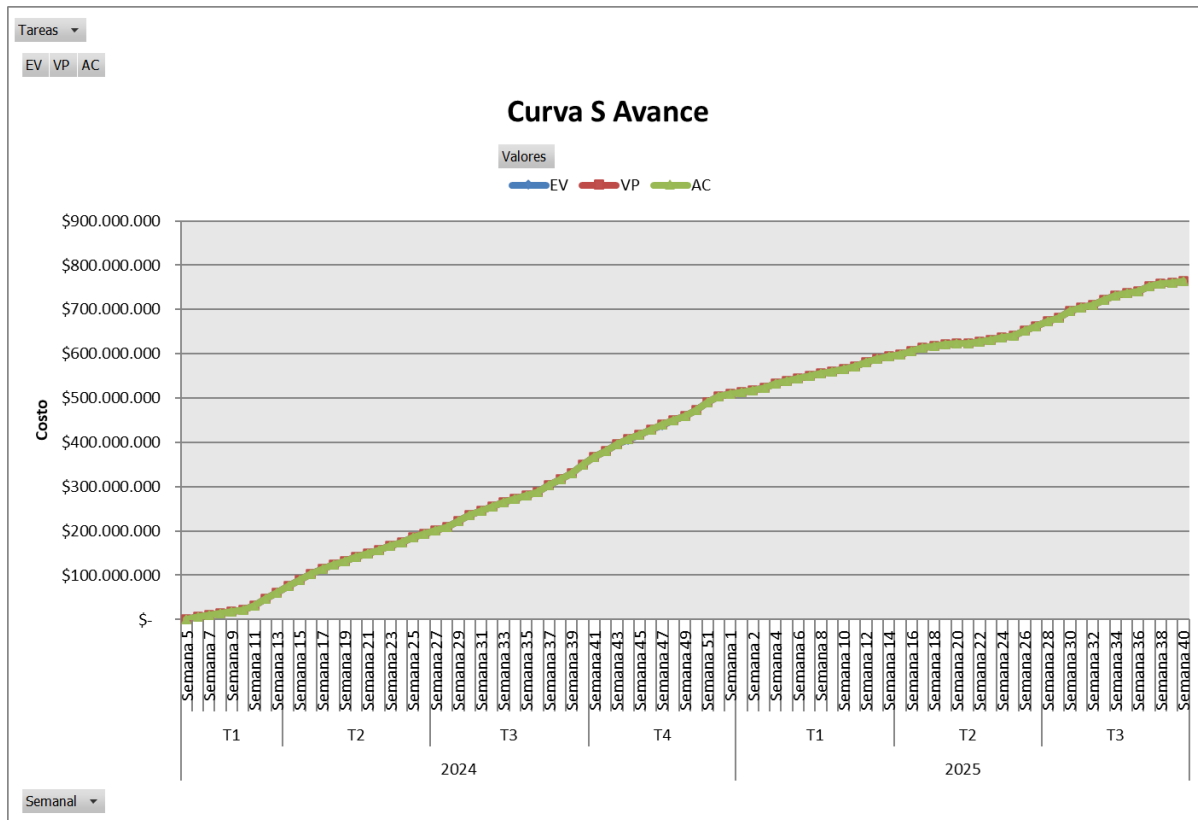
Los indicadores de desempeño establecidos permiten gestionar de forma integral el proyecto en sus dimensiones clave: costo, tiempo, alcance, calidad, recursos y stakeholders. La integración de métricas basadas en el Valor Ganado (EVM) junto con indicadores técnicos y de calidad asegura un monitoreo proactivo, favorece la detección temprana de desviaciones y garantiza la toma de decisiones correctivas para alcanzar los objetivos del proyecto.

f. Aplicación Técnica del Valor Ganado con Curvas S Avance

La gráfica presentada integra tres elementos fundamentales de la metodología del Valor Ganado:

- **Curva de valor ganado (línea azul):** representa el valor ganado en cada periodo del proyecto.
- **Curva de valor planeado (línea roja):** establece la planificación original de costos (valor planificado, PV) que sirve como referencia para evaluar el avance real.
- **Curva de costo real (línea verde):** refleja la sumatoria progresiva de los costos reales, evidenciando la inversión total ejecutada en el tiempo.

Figura 10. Curva S avance



Fuente: Autores.

1. Análisis comparativo

- Inicio del proyecto: las tres curvas (costo, costo acumulado y CPTP) se mantienen próximas, evidenciando que la ejecución estuvo en sintonía con la planificación.
- Fase intermedia: se aprecia una buena alineación. Esto demuestra la adecuada planificación en la realización del trabajo.
- Fase de mayor inversión: el costo real aumenta de manera constante, superando los \$800 millones, lo que refleja un crecimiento gradual de los compromisos financieros a medida que avanzan las actividades críticas (ensayos, adquisiciones y ejecución de pruebas).
- Fase final: la curva de costos reales se estabiliza y se alinea con el presupuesto total, lo que indica que se llevó a cabo una correcta planificación en la línea base inicial.

2. Interpretación bajo Valor Ganado

- **EV (Valor Ganado):** \$764.163.926.
- **SV (Variación del Cronograma = EV – PV):** los puntos demuestran una correcta planificación en el cronograma.
- **CV (Variación de Costo = EV – AC):** en general, no se observan sobrecostos significativos ya que la curva de costo acumulado no supera el nivel de planeación.
- **SPI (Índice de desempeño del cronograma):** el SPI = 1, indica que las actividades son óptimas con lo previsto.
- **CPI (Índice de desempeño del costo):** se mantiene en 1, dado que los costos reales acompañan proporcionalmente al avance, sin evidenciar descontrol presupuestal.

3. Conclusiones

- La implementación de la técnica de Valor Ganado demuestra que el proyecto ha mantenido el control sobre los costos.
- La curva S acumulada indica un crecimiento sostenido y controlado del gasto, lo cual es favorable desde el ángulo financiero.

Las curvas S del Valor Ganado indican que el proyecto está bajo control financiero, lo que evidencia que no es necesario fortalecer la coordinación operativa ni reprogramar hitos para asegurar la alineación con la línea base.

3.2.6 Plan de Gestión de Calidad

a. Especificaciones Técnicas de Requerimientos

Las especificaciones técnicas son la base de la gestión de calidad del proyecto, ya que establecen los criterios mínimos que deben cumplir los materiales, procesos y resultados para

asegurar la conformidad con los objetivos propuestos y con las normas nacionales e internacionales actuales.

En el marco del proyecto “Evaluación de Morfología en Agregados Para Elaboración de Concreto Hidráulico Empleado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado”, se definen los siguientes requerimientos técnicos:

1. Requerimientos para materiales

- Agregados finos: deben cumplir con los límites granulométricos especificados en NTC 174, resistencia a la degradación por sulfatos (ASTM C88) y contenido máximo de materiales perjudiciales de acuerdo a ASTM C117.
- Agregados gruesos: deben ajustarse a los criterios de tamaño, forma y durabilidad establecidos en ASTM C33 y NTC 98, incluyendo una absorción $\leq 3\%$ y porcentaje de partículas lajosas dentro de tolerancia.
- Cemento Portland: uso de cemento hidráulico de acuerdo a NTC 121, INVIAS y ASTM C150, con control de finura, tiempo de fraguado y resistencia mínima garantizada.
- Aditivos químicos: deben estar certificados bajo la norma ASTM C494, garantizando compatibilidad con los materiales locales y ausencia de compuestos clorados.
- Agua de mezcla: calidad potable, cumpliendo con los límites de alcalinidad, cloruros y sulfatos establecidos en ASTM C1602.

2. Requerimientos de procesos

- Muestreo de agregados: debe llevarse a cabo siguiendo los lineamientos de ASTM D75, asegurando la representatividad y trazabilidad de cada muestra.

- Ensayos de laboratorio: realización de pruebas de granulometría, densidad, absorción, índice de forma y resistencia mecánica de acuerdo a protocolos normalizados ASTM/NTC/INVIAS.
- Diseño de mezclas de concreto modular: aplicación de metodologías basadas en ACI 211 para determinar la relación agua/cemento (A/C), resistencia a compresión ($f'c$) y trabajabilidad.
- Control de calidad en ejecución: inspecciones periódicas conforme al plan de aseguramiento, con registros en bitácoras estandarizadas y uso de listas de verificación predefinidas.

3. Requerimientos de resultados

- Resistencia del concreto modular: $f'c$ mínima de 28 MPa a los 28 días, con una variación máxima permitida $\leq 5\%$ en relación a la media estadística.
- Variación estadística: cumplimiento de los coeficientes de variación establecidos por la norma NTC 4024, asegurando la repetibilidad y la confianza en los resultados.
- Sostenibilidad del producto: inclusión de indicadores ambientales de ciclo de vida (huella de carbono, consumo de agua y energía) de acuerdo a la metodología ISO 14040/44.
- Documentación técnica: entrega de informes certificados con los resultados de laboratorio, análisis estadísticos y trazabilidad de muestras bajo criterios de auditoría interna.

Las especificaciones técnicas de requisitos garantizan que los insumos, procesos y entregables del proyecto se alineen con las normas ASTM, INVIAS, NTC y regulaciones nacionales. Esto establece la línea base de calidad que se utilizará para auditar, validar y aceptar

los productos intermedios y finales del proyecto, asegurando la fiabilidad del concreto modular propuesto.

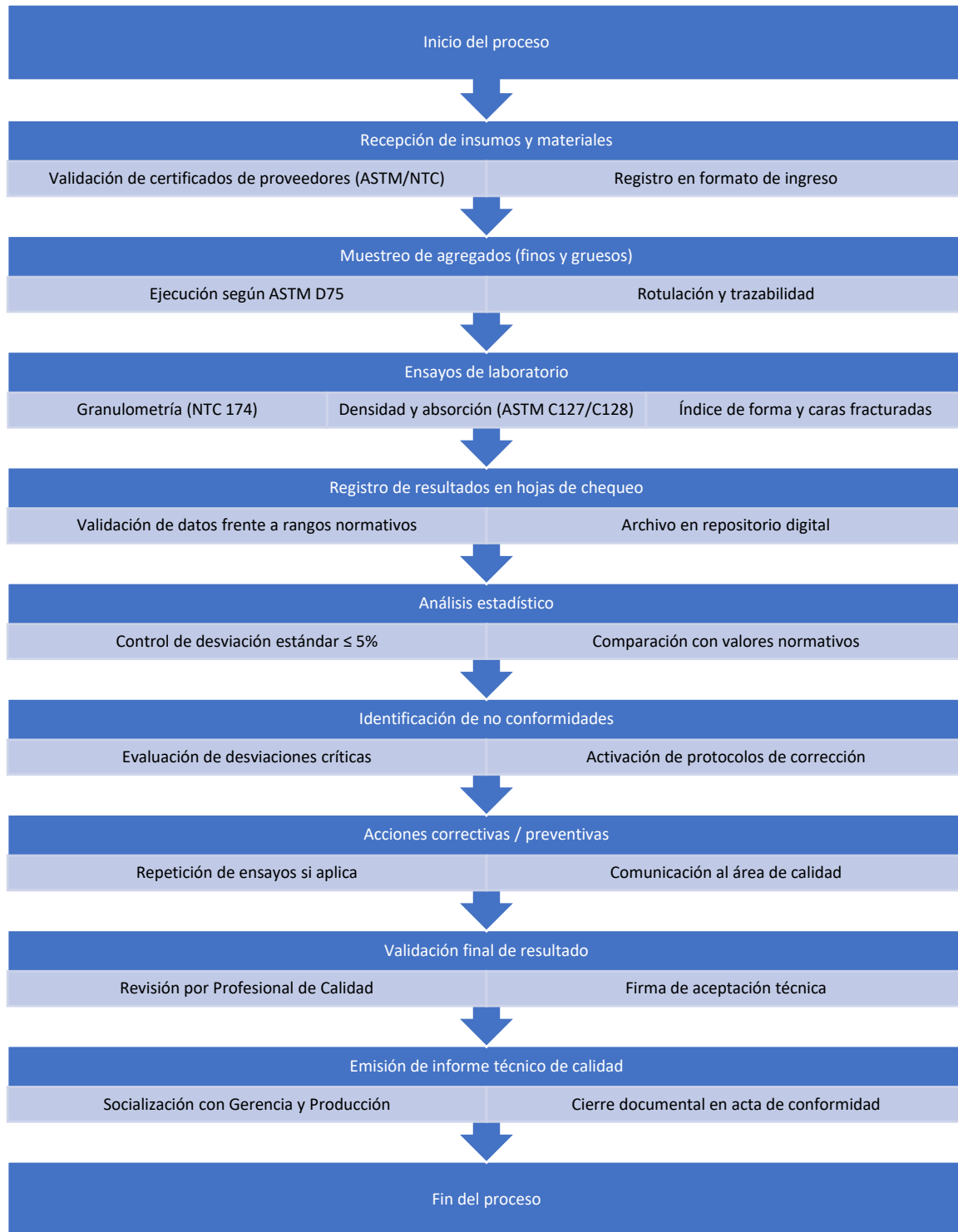
b. Herramientas de Control de la Calidad (Diagrama de Flujo, Diagrama Ishikawa, Hojas de Chequeo)

Para asegurar el cumplimiento de los requisitos técnicos y normativos establecidos en el proyecto, se llevaron a cabo tres herramientas fundamentales de control de calidad: diagramas de flujo, diagrama de Ishikawa y hojas de chequeo.

1. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo facilitó la representación secuencial de las actividades clave del proceso de aseguramiento de calidad, desde la recepción de agregados hasta la validación de los resultados de resistencia mecánica del concreto modular. Gracias a esta herramienta, se identificaron de manera clara los puntos de control donde era necesario realizar inspecciones, verificaciones y validaciones, evitando la duplicación de tareas y reduciendo la probabilidad de errores en el manejo de muestras y ensayos de laboratorio.

Figura 11. Diagrama de flujo



Fuente: Autores.

2. Diagrama de Ishikawa

La elaboración del diagrama de causa-efecto (Ishikawa) puso de manifiesto los factores clave que pueden dar lugar a no conformidades en el proyecto, organizados en Materiales, Métodos, Mano de Obra, Maquinaria, Medio Ambiente y Medición. Este análisis ayudó a identificar causas raíz como: variabilidad de granulometría de los agregados, fallas en la calibración de equipos, errores humanos en el procedimiento de muestreo y condiciones ambientales desfavorables. Al visualizar estas posibles causas, se implementaron estrategias de mitigación anticipada y controles más rigurosos sobre la calidad de insumos y procesos.

Figura 12. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Autores.

3. Hojas de chequeo

Las hojas de chequeo creadas para las etapas de recepción de materiales, ensayos de laboratorio, elaboración de mezclas y verificación de resistencias mecánicas son una herramienta útil para la captura de datos en tiempo real y la garantía de la trazabilidad de los resultados. Estas facilitan la estandarización del control en cada fase, la verificación del cumplimiento de las normas ASTM/NTC/INVIAS y el registro de no conformidades para su análisis posterior.

Hoja de Chequeo para **Recepción de Agregados**

Tabla 22. Recepción de Agregados

Ítem	Criterio de Control	Cumple (✓/X)	Observaciones
1	Origen autorizado del proveedor		
2	Certificación de calidad vigente		
3	Granulometría dentro de norma ASTM C33 / NTC 174 / INVIAS		
4	Ausencia de impurezas (arcilla, materia orgánica, sales)		
5	Humedad adecuada según ensayo		
6	Peso recibido vs. peso solicitado		

Fuente: Autores.

Hoja de Chequeo para **Ensayos de Laboratorio (Agregados)**

Tabla 23. Ensayos de Laboratorio (Agregados)

Ensayo	Norma de referencia	Resultado esperado	Cumple (✓/X)	Observaciones
Análisis granulométrico	ASTM C136 / NTC 77	Curva dentro de límites		

Peso específico y absorción	ASTM C128/C127	% de absorción $\leq 3 \%$		
Material que pasa tamiz #200	ASTM C117	$\leq 3 \%$ en finos		
Densidad aparente	ASTM C29	Dentro de rangos		
Desgaste (Los Ángeles)	ASTM C131/C535	$\leq 40 \%$		

Fuente: Autores.

Hoja de Chequeo para **Elaboración de Concreto Modular**

Tabla 24. Elaboración de Concreto Modular

Ítem	Criterio de Control	Norma	Cumple (✓/X)	Observaciones
1	Dosificación de relación A/C	ASTM C192		
2	Correcta adición de aditivos	ASTM C494		
3	Homogeneidad de mezcla	ASTM C31		
4	Compactación adecuada	ASTM C143		
5	Temperatura del concreto	ASTM C1064		
6	Slump dentro de rango	ASTM C143		

Fuente: Autores.

Hoja de Chequeo para **Resistencia Mecánica**

Tabla 25. Resistencia Mecánica

Ítem	Ensayo	Norma	Criterio de aceptación	Cumple (✓/X)	Observaciones
1	Ensayo de compresión a 7 días	ASTM C39	$f'_c \geq 65 \%$ del diseño		
2	Ensayo de compresión a 14 días	ASTM C39	$f'_c \geq 85 \%$ del diseño		

3	Ensayo de compresión a 28 días	ASTM C39	$f'_c \geq 100 \% \text{ del diseño}$		
4	Desviación estándar de resultados	NTC 4026	$\leq 5 \%$		

Fuente: Autores.

Análisis integrado:

La combinación de estas herramientas de control de calidad garantiza un enfoque preventivo y correctivo en el proyecto. Mientras que el diagrama de flujo proporciona claridad operativa, el Ishikawa permite un análisis causal exhaustivo y las hojas de chequeo ofrecen un seguimiento sistemático y cuantificable. En conjunto, refuerzan la fiabilidad de los resultados obtenidos en los ensayos, la validez de las especificaciones técnicas y la solidez de los entregables finales del proyecto, alineándose con los principios de mejora continua y con los lineamientos de la norma ISO 9001 en gestión de calidad.

c. Formato Inspecciones

FORMATO DE INSPECCIONES DE CALIDAD

Proyecto: Evaluación de Morfología en Agregados Para Elaboración de Concreto Hidráulico
Empleado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado.

Tabla 26. FORMATO DE INSPECCIONES DE CALIDAD

Sección	Descripción
1. Información General	
Código de Inspección	_____
Fecha	___ / ___ / ____
Lugar de inspección	_____

Responsable de inspección	_____
Área/Etapa evaluada	☐ Recepción de materiales ☐ Ensayos de laboratorio ☐ Producción ☐ Transporte y logística ☐ Otro: _____
2. Criterios de Inspección	
Normas de referencia	☐ ASTM _____ ☐ NTC _____ ☐ NSR-10 ☐ ISO 9001 ☐ Otra: _____
Documentos asociados	Actas, protocolos de muestreo, registros de laboratorio, hojas de chequeo
3. Elementos a Verificar	
Insumos y materiales	☐ Agregados finos ☐ Agregados gruesos ☐ Cemento Portland ☐ Aditivos ☐ Agua de mezcla
Equipos	☐ Tamices ☐ Hornos ☐ Prensas ☐ Compactadores ☐ Otros: _____
Procedimientos	☐ Muestreo ☐ Ensayo granulométrico ☐ Ensayo de resistencia ☐ Control de mezclas
Condiciones SST	☐ Uso de EPP ☐ Señalización ☐ Condiciones ambientales seguras
4. Resultados de la Inspección	
Cumplimiento observado	☐ Sí ☐ No ☐ Parcial
Evidencias fotográficas	☐ Adjuntas ☐ No aplica
Observaciones	_____ _____ _____
5. Acciones Correctivas / Preventivas	
Requeridas	☐ Sí ☐ No
Responsable asignado	_____
Fecha compromiso	____ / ____ / ____

Seguimiento	☐ En proceso ☐ Cerrado
6. Validación	
Inspector responsable	Firma: _____
Aprobación Profesional de Calidad	Firma: _____

Fuente: Autores.

Análisis del formato:

Este formato de inspecciones asegura la trazabilidad de las verificaciones técnicas, permite alinear cada control con las normas ASTM/NTC/INVIAS y facilita la detección temprana de no conformidades. Además, integra aspectos técnicos (materiales y equipos), de procesos (procedimientos y métodos de ensayo) y de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST). Su aplicación sistemática refuerza la gestión de calidad del proyecto y garantiza que los resultados obtenidos sean confiables, reproducibles y auditables.

d. Formato Auditorías

FORMATO DE AUDITORÍA DE CALIDAD

Proyecto: Evaluación de Morfología en Agregados Para Elaboración de Concreto Hidráulico
Empleado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado.

Tabla 27. FORMATO DE AUDITORÍA DE CALIDAD

Sección	Descripción
1. Información General	
Código de auditoría	_____
Fecha de auditoría	____ / ____ / ____

Auditor líder	_____
Equipo auditor	_____
Área/Etapa auditada	☐ Gestión del proyecto ☐ Muestreo de agregados ☐ Ensayos de laboratorio ☐ Producción de mezclas ☐ SST ☐ Adquisiciones ☐ Otros: _____
2. Alcance y Objetivos de la Auditoría	
Normas y criterios de referencia	☐ ISO 9001 ☐ ASTM _____ ☐ NTC _____ ☐ NSR-10 ☐ Otros: _____
Objetivo	Verificar el cumplimiento de procesos, registros, especificaciones técnicas y controles de calidad establecidos en el proyecto.
3. Lista de Verificación (Check List)	
Documentación	☐ Project Charter ☐ Protocolos de muestreo ☐ Hojas de chequeo ☐ Informes de ensayos ☐ Actas de reuniones
Procesos	☐ Muestreo ASTM D75 ☐ Ensayos granulométricos ☐ Ensayos de resistencia ☐ Elaboración de mezclas ☐ Validación de resultados
Recursos	☐ Disponibilidad de equipos calibrados ☐ Personal capacitado ☐ EPP adecuado
SST	☐ Cumplimiento de normas ☐ Reporte de incidentes ☐ Condiciones ambientales seguras
4. Hallazgos de la Auditoría	
Conformidades	_____ _____
No conformidades	_____ _____
Observaciones	_____ _____
5. Acciones Correctivas / Preventivas	
Requeridas	☐ Sí ☐ No
Responsable asignado	_____

Plazo de implementación	____ / ____ / ____
Seguimiento	☐ En proceso ☐ Cerrado
6. Validación y Cierre	
Firma Auditor Líder	_____
Firma Responsable de Área	_____
Firma Gerencia / Dirección de Proyecto	_____

Fuente: Autores.

Análisis del formato:

Este **formato de auditorías** estandariza la revisión de conformidad en el proyecto, permitiendo:

- **Planificar y registrar** auditorías internas de calidad.
- **Detectar no conformidades y riesgos** en procesos técnicos y administrativos.
- **Asignar responsabilidades claras** para acciones correctivas y preventivas.
- **Garantizar la trazabilidad** de la información y facilitar el cumplimiento con normas ISO, ASTM, INVIA y NTC.

El uso constante de este formato en momentos clave garantiza que el proyecto preserve un elevado nivel de control, promueva la mejora continua y refuerce la confianza de los interesados y las entidades reguladoras.

e. Listas de Verificación de los Entregables (Producto / Servicio)**LISTA DE VERIFICACIÓN DE ENTREGABLES**

Proyecto: *Evaluación de Morfología en Agregados Para Elaboración de Concreto Hidráulico*

Empleado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado.

Tabla 28. LISTA DE VERIFICACIÓN DE ENTREGABLES

Sección	Detalle
Código del Entregable	_____
Nombre del Entregable	_____
Responsable	_____
Fecha de Revisión	____ / ____ / ____
Etapas del Proyecto	☐ Inicio ☐ Planificación ☐ Ejecución ☐ Monitoreo y Control ☐ Cierre

Fuente: Autores.

1. Revisión Técnica**Tabla 29. Revisión Técnica**

Criterio de verificación	Cumple (Sí/No)	Observaciones
Se ajusta a especificaciones ASTM / NTC / INVIAS	☐ Sí ☐ No	_____
Cumple con requisitos del Project Charter	☐ Sí ☐ No	_____
Ensayos de laboratorio validados por Control de Calidad	☐ Sí ☐ No	_____
Documentación soporte anexa (protocolos, hojas de chequeo, registros)	☐ Sí ☐ No	_____
Trazabilidad del proceso documentada	☐ Sí ☐ No	_____

Fuente: Autores.

2. Revisión de Calidad

Tabla 30. Revisión de Calidad

Criterio de verificación	Cumple (Sí/No)	Observaciones
Resultados dentro de tolerancias permitidas	☐ Sí ☐ No	_____
No conformidades corregidas	☐ Sí ☐ No	_____
Validación de repetibilidad $\leq 5\%$ (cuando aplica)	☐ Sí ☐ No	_____
Aprobación técnica del Ingeniero de Materiales	☐ Sí ☐ No	_____
Validación final del Profesional de Calidad	☐ Sí ☐ No	_____

Fuente: Autores.

3. Revisión Administrativa y Contractual

Tabla 31. Revisión Administrativa y Contractual

Criterio de verificación	Cumple (Sí/No)	Observaciones
Facturación y costos asociados aprobados	☐ Sí ☐ No	_____
Registro en repositorio institucional	☐ Sí ☐ No	_____
Aprobación de Gerencia General	☐ Sí ☐ No	_____
Conformidad del cliente piloto / stakeholders	☐ Sí ☐ No	_____
Firma de aceptación de entregable	☐ Sí ☐ No	_____

Fuente: Autores.

4. Validación Final

Tabla 32. Validación Final

Estado del Entregable	☐ Aprobado ☐ Aprobado con observaciones ☐ Rechazado
Responsable de Revisión	_____

Firma Responsable	_____
Fecha de Cierre	___ / ___ / ____

Fuente: Autores.

Análisis del uso de la lista de verificación de entregables:

Este instrumento permite:

- Asegurar que los resultados cumplan con las normas ASTM/NTC/INVIAS.
- Controlar la calidad de los productos y servicios entregados, evitando reprocesos y costos adicionales.
- Facilitar la trazabilidad documental, conectando evidencias de ensayos, actas y registros.
- Validar la aceptación formal por parte de la Gerencia y los interesados.

Su aplicación asegura que cada entregable se someta a un exhaustivo proceso de revisión, lo que fortalece la transparencia y la satisfacción de las partes interesadas.

3.2.7 Plan de Gestión de Recursos

a. Identificación y Adquisición de Recursos

1. Recursos Humanos

- Project Manager: Encargado de la planificación, seguimiento y control integral del proyecto.
- Ingeniero de Materiales: Responsable de validar ensayos de laboratorio, interpretar resultados y asegurar el cumplimiento normativo.
- Técnicos de Laboratorio: Realizan actividades de muestreo, así como ensayos granulométricos, físicos y mecánicos de los agregados y mezclas.

- **Jefe de Planta:** Supervisa el uso de la planta de concreto y coordina la producción de mezclas de prueba.
- **Profesional de Calidad:** Implementa los protocolos de control de calidad, así como auditorías e inspecciones.
- **Profesional de Comunicaciones:** Encargado de la gestión de información y de la socialización con stakeholders internos y externos.
- **Personal Administrativo y Financiero:** Responsable de la gestión contractual, presupuestaria y de pagos.
- **Seguridad y Salud en el Trabajo (SST):** Supervisa las condiciones de seguridad industrial, el uso de EPP y el cumplimiento normativo.

Adquisición: Estos recursos se administrarán internamente a través de la asignación de personal actual en Concremack S.A.S., y se complementarán con contrataciones temporales si se presenta una sobrecarga de trabajo.

2. Recursos Materiales e Insumos

- **Agregados Finos (arena del río Magdalena):** Suministrados por proveedor local certificado.
- **Agregados Gruesos (grava del río Guayuribo):** Proveedor con licencia ambiental vigente.
- **Cemento Portland:** Insumo principal para las mezclas de prueba.
- **Aditivos Químicos:** Plastificantes o superplastificantes para ajustar trabajabilidad.
- **Agua de Mezcla:** Agua potable, controlada y verificada según NTC 3459.
- **EPP (Elementos de Protección Personal):** Cascos, guantes, gafas, botas, mascarillas.

Adquisición: Contratación de proveedores acreditados, bajo criterios de sostenibilidad, trazabilidad y cumplimiento normativo (NTC/ASTM/INVIAS).

3. Recursos Técnicos y Tecnológicos

- **Equipos de laboratorio:** Hornos de secado, tamices, balanzas analíticas, compactadores, prensas de compresión.
- **Software de análisis estadístico:** Herramientas como Excel, SPSS o similares para tratamiento de datos de ensayos.
- **Sistemas de gestión documental:** Carpeta digital en repositorio institucional y almacenamiento en la nube.

Adquisición: Empleo de equipos ya existentes en el laboratorio de Concremack y alquiler de equipos adicionales cuando sea necesario (ej. compactadores de alto rendimiento).

4. Recursos Logísticos y de Apoyo

- **Transporte y Logística:** Vehículos contratados para traslado de muestras y materiales.
- **Energía Eléctrica de Planta:** Suministro constante para operación de equipos.
- **Servicios externos:** Laboratorios acreditados ONAC para pruebas complementarias, mantenimiento preventivo de equipos y disposición de residuos peligrosos.

Adquisición: A través de contratos con proveedores de servicios especializados, utilizando procesos de licitación simplificada y auditorías de cumplimiento.

Análisis

La correcta identificación y adquisición de recursos garantiza:

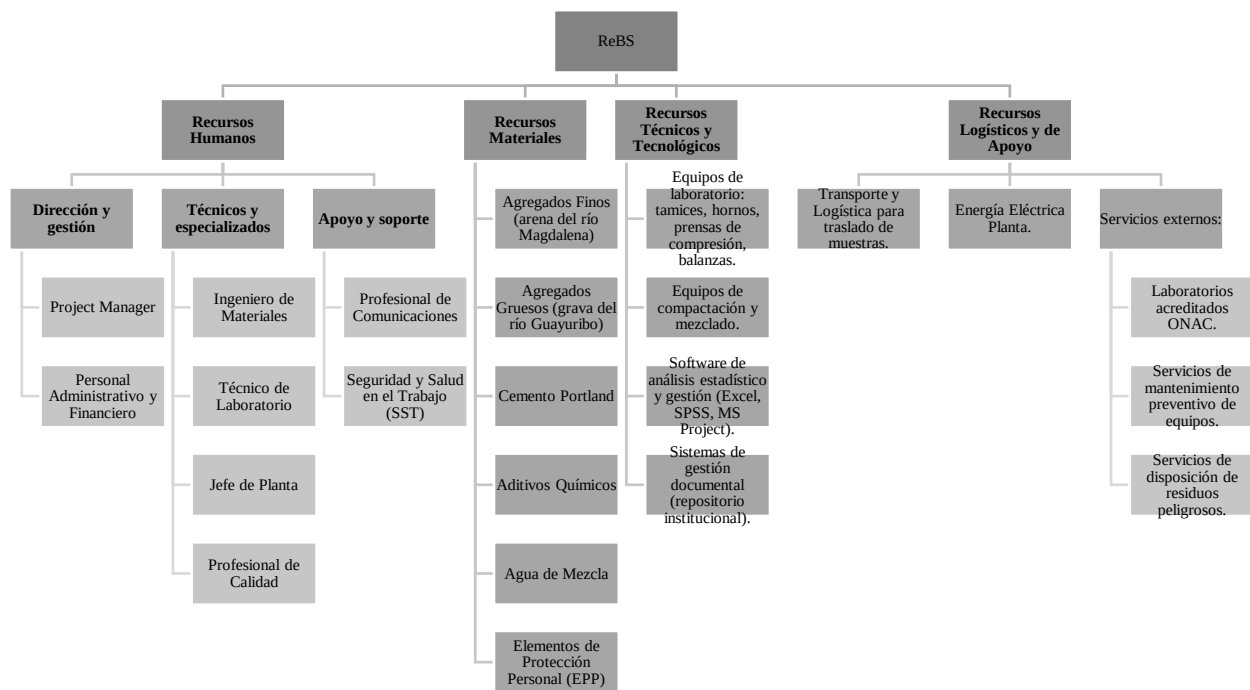
- **Disponibilidad oportuna** de insumos y servicios críticos.
- **Cumplimiento normativo** en todas las fases (ASTM, INVIAS, NTC, NSR-10).
- **Optimización de costos** al integrar recursos internos con contratación externa.

- **Mitigación de riesgos** mediante la diversificación de proveedores y estrategias de contingencia.

b. Estructura Desagregación de Recursos

La ReBS (Estructura de Desglose de Recursos) es una organización jerárquica de los recursos necesarios para el proyecto, clasificados por categorías principales. Su propósito es facilitar la asignación, el control y la supervisión de los recursos a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

Figura 13. ReBS



Fuente: Autores.

La **Estructura de Desagregación de Recursos** permite:

- Clasificar y organizar los recursos según su tipo.
- Identificar las dependencias entre recursos humanos, materiales y logísticos.

- Facilitar la planificación de compras, la asignación de costos y la programación de actividades en MS Project.
- Servir como fundamento para la nivelación de recursos y el control de disponibilidad en las fases críticas del proyecto.

c. Definición de Roles, Responsabilidades y Competencias del Equipo

La gestión del talento humano es un pilar fundamental para llevar a cabo el proyecto de evaluación de agregados y diseño de concreto modular en Concremack S.A.S. A continuación, se detallan los roles clave, sus responsabilidades y las competencias necesarias para asegurar la eficiencia y calidad de los resultados.

1. Project Manager

- **Responsabilidades:**
 - Liderar la dirección general del proyecto.
 - Coordinar la planificación, ejecución, control y cierre.
 - Gestionar cronograma, costos, calidad y comunicaciones.
 - Representar al proyecto ante Gerencia y stakeholders.
- **Competencias:**
 - Conocimientos en PMI/PMBOK.
 - Habilidades de liderazgo y negociación.
 - Capacidad analítica y toma de decisiones.
 - Manejo avanzado de MS Project y gestión de riesgos.

2. Ingeniero de Materiales

- **Responsabilidades:**
 - Definir protocolos de muestreo y ensayos.

- Supervisar los procedimientos de laboratorio.
- Validar resultados frente a normas ASTM, INVIAS y NTC.
- Emitir informes técnicos de calidad.
- **Competencias:**
 - Conocimiento en caracterización de agregados y diseño de mezclas.
 - Dominio de normatividad nacional e internacional (ASTM, INVIAS, NTC, NSR-10).
 - Capacidad de análisis estadístico y uso de software especializado.

3. Técnico de Laboratorio

- **Responsabilidades:**
 - Realizar los ensayos de granulometría, absorción, densidad y resistencia.
 - Mantener calibrados y en operación los equipos.
 - Documentar y registrar resultados en formatos oficiales.
- **Competencias:**
 - Manejo de equipos de laboratorio (hornos, prensas, tamices).
 - Atención al detalle y cumplimiento de protocolos.
 - Formación técnica en construcción o materiales.

4. Jefe de Planta

- **Responsabilidades:**
 - Coordinar el uso de planta para mezclas de prueba.
 - Supervisar producción y logística de insumos.
 - Garantizar el abastecimiento de energía y servicios auxiliares.
- **Competencias:**

- Experiencia en operación de plantas de concreto.
- Conocimiento en mantenimiento preventivo de equipos.
- Capacidad de liderazgo operativo.

5. Profesional de Calidad

- **Responsabilidades:**

- Diseñar y aplicar planes de aseguramiento de calidad.
- Elaborar listas de chequeo, auditorías e informes de conformidad.
- Validar repetibilidad y confiabilidad de los ensayos.

- **Competencias:**

- Certificaciones en sistemas de gestión ISO 9001 / ISO 17025.
- Habilidad en elaboración de matrices de control de calidad.
- Conocimiento en metodologías de mejora continua (Kaizen, Ishikawa, Lean).

6. Profesional de Comunicaciones

- **Responsabilidades:**

- Diseñar la estrategia de comunicación interna y externa.
- Elaborar informes ejecutivos y material de socialización.
- Gestionar la relación con clientes piloto y comunidades locales.

- **Competencias:**

- Comunicación efectiva oral y escrita.
- Dominio de herramientas digitales y presentaciones ejecutivas.
- Conocimiento en gestión de stakeholders.

7. Personal Administrativo y Financiero

- **Responsabilidades:**

- Gestionar contratos, facturas y documentación financiera.
- Monitorear la ejecución presupuestal y control de costos.
- Apoyar en trámites logísticos y administrativos.
- **Competencias:**
 - Conocimientos en contabilidad y gestión presupuestal.
 - Manejo de software financiero y ERP.
 - Organización y gestión documental.

8. Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)

- **Responsabilidades:**
 - Velar por el cumplimiento de protocolos de seguridad.
 - Implementar planes de prevención de riesgos laborales.
 - Gestionar entrega y uso de EPP.
- **Competencias:**
 - Certificación en normatividad de SST (Resolución 0312/2019 Colombia).
 - Conocimiento en planes de emergencia y respuesta.
 - Capacidad de capacitación en seguridad industrial.

Análisis:

La definición clara de **roles, responsabilidades y competencias** asegura:

- Evitar duplicidad de funciones.
- Mejorar la eficiencia en la ejecución.
- Cumplir con los estándares de calidad, seguridad y normatividad.
- Servir de base para evaluaciones de desempeño y retroalimentación continua.

d. Matriz de Asignación de Responsabilidades (RACI) a Nivel de Paquete de Trabajo.

Leyenda:

- **R (Responsible / Responsable):** Ejecuta la tarea.
- **A (Accountable / Aprobador):** Tiene la responsabilidad final de que la tarea quede bien hecha y aprobada.
- **C (Consulted / Consultado):** Aporta información o asesoría técnica para la ejecución.
- **I (Informed / Informado):** Debe estar al tanto del avance y resultados.

Matriz RACI por Paquete de Trabajo (WBS – Nivel Resumen)

Tabla 33. Matriz RACI por Paquete de Trabajo (WBS – Nivel Resumen)

Paquete de Trabajo	Project Manager	Ingeniero de Materiales	Técnico de Laboratorio	Jefe de Planta	Profesional de Calidad	Profesional de Comunicaciones	Adm. y Financiero	SS T	Proveedores
1. Inicio del Proyecto	A	C	I	I	I	C	R	I	I
2. Planificación del Proyecto	A	C	C	I	R	R	R	C	I
3. Ejecución del Proyecto	A	R	R	R	C	I	C	C	R
4. Monitoreo y Control	A	C	C	C	R	C	R	R	I
5. Cierre del Proyecto	A	C	I	I	R	R	R	I	I

Fuente: Autores.

Desglose por Áreas Clave

1. Inicio del Proyecto

- **R:** Adm. y Financiero (formalización documentos, recursos iniciales).
- **A:** Project Manager.

- **C:** Ingeniero de Materiales (definición técnica preliminar), Comunicaciones (acta y socialización).
- **I:** SST, Jefe de Planta, Proveedores.

2. Planificación del Proyecto

- **R:** Profesional de Calidad (plan de calidad), Comunicaciones (plan de stakeholders), Adm. y Financiero (presupuesto).
- **A:** Project Manager.
- **C:** Ingeniero de Materiales y Técnico de Lab (en ensayos), SST (en seguridad).
- **I:** Proveedores, Jefe de Planta.

3. Ejecución del Proyecto

- **R:** Ingeniero de Materiales y Técnico de Lab (muestreo y ensayos), Jefe de Planta (mezclas y logística), Proveedores (suministro).
- **A:** Project Manager.
- **C:** Profesional de Calidad (supervisión).
- **I:** Comunicaciones y Adm. y Financiero.

4. Monitoreo y Control

- **R:** Profesional de Calidad (control de ensayos), Adm. y Financiero (costos), SST (seguridad en laboratorio y campo).
- **A:** Project Manager.
- **C:** Ingeniero de Materiales y Técnico de Lab.
- **I:** Proveedores y Jefe de Planta.

5. Cierre del Proyecto

- **R:** Comunicaciones (socialización), Adm. y Financiero (cierre contractual), Profesional de Calidad (validación final).
- **A:** Project Manager.
- **C:** Ingeniero de Materiales (validación técnica).
- **I:** SST, Proveedores, Jefe de Planta.

Análisis:

- El Project Manager desempeña el rol A en todos los paquetes, garantizando la rendición de cuentas y la aprobación final.
- El Ingeniero de Materiales se enfoca en su papel como R en la ejecución técnica y C en la planificación/validación.
- El Profesional de Calidad es R fundamental en el control y cierre, asegurando el cumplimiento normativo.
- El Adm. y Financiero asume R en costos y cierres contractuales.
- Los Proveedores operan como R en el suministro de insumos y como I en los demás aspectos.
- El esquema proporciona trazabilidad, claridad en las funciones y un equilibrio en las responsabilidades, evitando duplicidades de tareas y promoviendo la colaboración transversal.

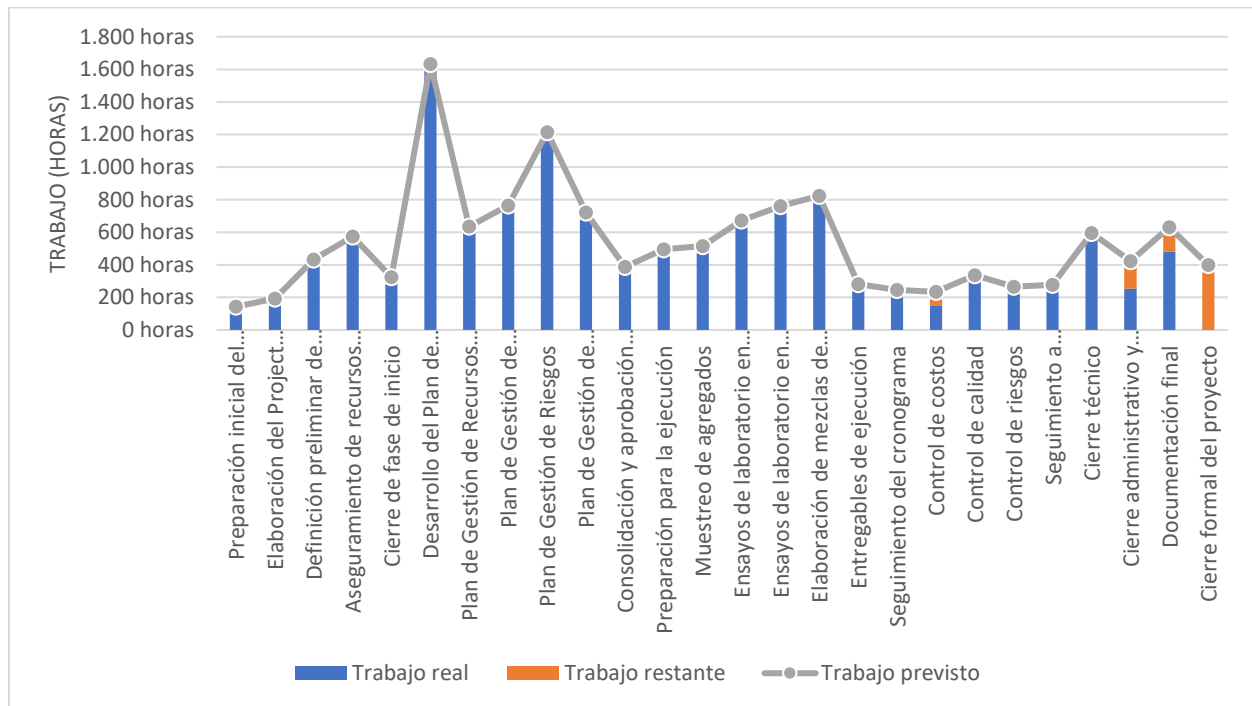
Ver anexo: Anexo A. Matriz_RACI_Concremak

e. Histograma y Horario de Recursos

El histograma de recursos muestra la distribución del trabajo total planificado para cada fase y paquete de trabajo del proyecto “Evaluación de Morfología en Agregados Para

Elaboración de Concreto Hidráulico Empleado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado”.

Figura 14. Histograma



Fuente: Autores.

Se observa que:

- El Inicio del Proyecto implica una carga de trabajo moderada, con picos durante la Definición preliminar del alcance y el Aseguramiento de recursos iniciales, lo cual es consistente con la necesidad de establecer las bases técnicas y administrativas.
- En la Planificación del Proyecto se concentra la mayor carga de trabajo, destacándose las actividades críticas como el Desarrollo del Plan de Gestión del Proyecto, el Plan de Gestión de Comunicaciones y el Plan de Gestión de Riesgos, que requieren cerca de 1.600 horas o más. Esto confirma que la etapa de planificación es la más exigente en cuanto al esfuerzo del equipo.

- En la Ejecución del Proyecto se observan cargas intermedias, siendo notables los ensayos de laboratorio en agregados finos y gruesos, la elaboración de mezclas de prueba y la preparación para la ejecución, que demandan un volumen significativo de recursos técnicos y logísticos.
- En Monitoreo y Control, las cargas se distribuyen de manera más equilibrada entre actividades como seguimiento del cronograma, control de costos, calidad y riesgos, manteniendo un nivel constante de dedicación que asegura la supervisión continua.
- Por último, en el Cierre del Proyecto, las actividades de cierre técnico, administrativo y documental presentan cargas significativas (entre 500 y 700 horas), lo que resalta la relevancia de esta fase para consolidar resultados y cumplir con los requisitos contractuales y de gestión.

En términos de **horario de recursos**, el histograma permite visualizar que:

- Se requiere una concentración máxima de esfuerzo durante la fase de planificación, lo que significa que la disponibilidad de roles clave (Project Manager, Ingeniero de Materiales, Técnico de Laboratorio y Personal Administrativo) debe ser garantizada en este periodo.
- En la ejecución, la mayor carga se traslada hacia los recursos técnicos y de laboratorio, mientras que en el monitoreo la carga se distribuye de manera más equilibrada entre perfiles administrativos, de calidad y gerenciales.
- El cierre del proyecto exige nuevamente la participación activa del Project Manager y del área administrativa para consolidar informes, documentación final y actas de cierre.

El histograma refleja una curva de demanda intensa en la planificación, sostenida durante la ejecución y el monitoreo, y nuevamente concentrada en el cierre. Esto confirma la necesidad

de nivelar los recursos estratégicos y de establecer una programación adecuada del calendario de trabajo para prevenir cuellos de botella y sobreasignaciones.

f. Plan de Capacitación y Desarrollo del Equipo

El plan de capacitación y desarrollo del equipo tiene como objetivo asegurar que todos los miembros implicados en el proyecto posean las competencias técnicas, normativas y de gestión requeridas para alcanzar los objetivos planteados. Este plan no solo intenta cerrar brechas de conocimiento, sino también fomentar la cohesión del equipo y el fortalecimiento de las capacidades tanto individuales como colectivas.

1. Objetivos del plan de capacitación

- Asegurar el dominio de las normas técnicas relevantes (ASTM, INVIAS, NTC, NSR-10) para los ensayos de agregados y el diseño de mezclas de concreto.
- Desarrollar habilidades en el uso de software para análisis estadístico y gestión de proyectos.
- Capacitar en protocolos de seguridad industrial y SST para minimizar riesgos durante la ejecución.
- Fortalecer las habilidades de comunicación, trabajo en equipo y gestión de partes interesadas.
- Crear una cultura de calidad y mejora continua dentro del equipo del proyecto.

2. Contenidos y temáticas de capacitación

- **Técnicos y normativos:**
 - Ensayos de laboratorio en agregados finos y gruesos (ASTM C136, INVIAS, NTC 77).
 - Diseño de mezclas de concreto (ASTM C31, INVIAS, NTC 550).

- Protocolos de calibración y validación de equipos de laboratorio.
- **Gestión y control:**
 - Herramientas de planificación y control (MS Project, Excel avanzado).
 - Control de calidad (diagramas Ishikawa, hojas de chequeo, auditorías internas).
 - Gestión de riesgos (ISO 31000, análisis Monte Carlo).
- **Seguridad y sostenibilidad:**
 - Seguridad industrial y normas SST.
 - Disposición de residuos peligrosos.
 - Buenas prácticas ambientales en el uso de materiales.
- **Competencias transversales:**
 - Liderazgo y toma de decisiones.
 - Comunicación efectiva y manejo de conflictos.
 - Cohesión de equipo y resolución colaborativa de problemas.

3. Modalidad y metodología

- Capacitaciones presenciales: talleres técnicos en laboratorio y en el campo.
- Sesiones virtuales: cursos online sobre normativas, software y gestión.
- Aprendizaje práctico: actividades supervisadas de muestreo, ensayos y mezcla de productos.
- Socialización de resultados: reuniones periódicas para compartir experiencias, lecciones aprendidas y sugerencias.

4. Roles responsables

- **Project Manager:** coordinar el plan, validar contenidos y asegurar recursos.
- **Ingeniero de Materiales:** liderar capacitaciones técnicas y normativas.

- **Profesional de Calidad:** supervisar talleres de control de calidad y auditorías.
- **SST:** dirigir capacitaciones en seguridad industrial.
- **Profesional de Comunicaciones:** reforzar temas de comunicación con stakeholders.

5. Cronograma de capacitación

- **Inicio del proyecto:** inducciones normativas, roles y seguridad.
- **Planificación:** gestión de riesgos, calidad, adquisiciones y software.
- **Ejecución:** prácticas de laboratorio y muestreo supervisado.
- **Monitoreo y control:** retroalimentación de desempeño, talleres de mejora continua.
- **Cierre:** lecciones aprendidas y documentación de buenas prácticas.

6. Evaluación de la capacitación

- Evaluaciones técnicas: pruebas prácticas de protocolos y ensayos.
- Indicadores de desempeño: medición de reducción de errores y cumplimiento normativo.
- Encuestas de satisfacción: opinión del equipo sobre la utilidad de la capacitación.
- Seguimiento post-capacitación: revisión de la aplicación real del conocimiento adquirido.

El plan de capacitación y desarrollo del equipo garantiza que los recursos humanos implicados en el proyecto no solo satisfagan los estándares técnicos y normativos, sino que también mejoren sus habilidades interpersonales y de gestión, asegurando así un alto nivel de rendimiento, seguridad y sostenibilidad en la realización del proyecto.

g. Identificación de Procesos de Seguridad y Salud en el Trabajo

El componente de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) es esencial para el desarrollo del proyecto, ya que abarca actividades de laboratorio, manejo de materiales, ensayos normativos, transporte de agregados y operación de equipos. La adecuada identificación de

procesos de SST posibilita establecer medidas de prevención, control y mitigación de riesgos, garantizando el bienestar del personal y la continuidad de las operaciones.

1. Procesos generales de SST en el proyecto

- Identificación de peligros y evaluación de riesgos laborales (IPER): implementación de metodologías como GTC-45 para clasificar riesgos físicos, químicos, ergonómicos, biológicos y psicosociales.
- Plan de inducción y capacitación en seguridad industrial: orientación inicial para todo el equipo sobre normativas SST, protocolos de emergencia y uso de equipos de protección personal (EPP).
- Inspecciones periódicas de seguridad: revisión sistemática de equipos de laboratorio, áreas de trabajo y almacenamiento de materiales para asegurar condiciones seguras.
- Monitoreo de condiciones de salud del personal: exámenes médicos ocupacionales iniciales, periódicos y de salida.

2. Procesos específicos por áreas de trabajo

- **Laboratorio de materiales:**
 - Uso obligatorio de EPP: guantes, gafas, mascarillas, bata y botas de seguridad.
 - Procedimientos seguros en tamizado, secado en hornos y manejo de aditivos químicos.
 - Protocolos de calibración y mantenimiento de equipos para prevenir fallos o accidentes.
- **Planta y campo:**
 - Señalización y delimitación de zonas críticas.
 - Protocolos de seguridad para el transporte de agregados finos y gruesos.

- Planes de contingencia ante derrames o liberación de polvo.
- Supervisión durante la carga y descarga de materiales.
- **Gestión administrativa:**
 - Ergonomía en el espacio laboral (sillas, equipos informáticos, iluminación).
 - Protocolos para pausas activas y prevención de riesgos psicosociales.

3. Procesos de control y seguimiento

- Gestión documental de incidentes y accidentes: formatos para reportar, investigar y analizar causas raíz.
- Simulacros de emergencia: realización semestral de simulacros de evacuación y primeros auxilios.
- Auditorías internas de SST: verificación del cumplimiento normativo (Resolución 0312 de 2019 y estándares mínimos en Colombia).
- Revisión por la alta dirección: seguimiento periódico de indicadores de accidentalidad, ausentismo y cumplimiento de planes de acción.

4. Procesos de mejora continua en SST

- Implementación de métricas de desempeño en seguridad (frecuencia, severidad e índice de lesiones incapacitantes).
- Retroalimentación al personal sobre los hallazgos en auditorías e inspecciones.
- Plan de incentivos por cumplir con las normas de seguridad.
- Integración de buenas prácticas ambientales para fortalecer el concepto de sostenibilidad del proyecto.

En resumen: La identificación de los procesos de Seguridad y Salud en el Trabajo permite establecer un sistema integral de prevención y control, enfocado en proteger al personal

y en cumplir con la normativa vigente. Estos procesos garantizan condiciones seguras en laboratorio, planta, campo y áreas administrativas, contribuyendo a la sostenibilidad y calidad del proyecto.

h. Esquema de Contratación y Liberación del Personal

La gestión de los recursos humanos en el proyecto necesita un esquema claro para la contratación, permanencia y liberación del personal, que esté alineado con la planificación temporal de actividades y la disponibilidad del presupuesto. Este esquema asegura que cada fase cuente con los perfiles técnicos y administrativos correctos, optimizando costos y disminuyendo tiempos improductivos.

1. Contratación del personal

La contratación se llevará a cabo siguiendo las directrices establecidas en la planificación del proyecto, dando prioridad a la incorporación progresiva de recursos de acuerdo con el ciclo de vida:

- **Fase de Inicio:**
 - **Project Manager:** designado por Gerencia mediante acta formal.
 - **Personal Administrativo y Financiero:** contratado desde el inicio para asegurar gestión documental y financiera.
- **Fase de Planificación:**
 - **Ingeniero de Materiales y Profesional de Calidad** ingresan en esta fase para definir especificaciones técnicas, planes de ensayo y controles normativos.
 - **Profesional de Comunicaciones:** vinculado para apoyar la gestión de stakeholders.
- **Fase de Ejecución:**

- **Técnicos de Laboratorio** contratados con dedicación exclusiva durante la etapa de ensayos y pruebas de mezclas.
- **Jefe de Planta:** incorporado para supervisar la operación de equipos y la logística de materiales.
- **SST:** integrado desde el inicio de la ejecución para asegurar cumplimiento normativo en seguridad industrial.
- **Proveedores (agregados finos y gruesos, aditivos, transporte):** contratados por órdenes de compra y contratos marco con entregas programadas.

2. Permanencia del personal

- Los roles estratégicos (Project Manager, Ingeniero de Materiales, Profesional de Calidad, Administrativo y Financiero) se mantienen a lo largo de todo el ciclo del proyecto.
- Los recursos tácticos (Técnicos de Laboratorio, Jefe de Planta, SST) están intensamente involucrados en las fases de ejecución y control de calidad.
- Los proveedores operan bajo un esquema just in time, de acuerdo al cronograma de ensayos y mezclas.

3. Liberación del personal

La liberación de recursos se llevará a cabo de manera gradual y controlada, con el fin de garantizar la transferencia de conocimiento y el cierre ordenado de actividades:

- **Fase de Cierre Técnico (posterior a ensayos y validaciones):**
 - Liberación de Técnicos de Laboratorio y Jefe de Planta una vez aprobados y documentados los resultados.
- **Fase de Cierre Administrativo y Contractual:**
 - Terminación de contratos de proveedores y cierre de pagos.

- Liberación progresiva del Profesional de Comunicaciones tras la entrega de informes finales.
- **Fase de Cierre Formal:**
 - El Project Manager y el Personal Administrativo son los últimos en ser liberados, tras la firma de acta de cierre y la socialización de lecciones aprendidas.

4. Procesos de transición y documentación

- Redacción de actas de inicio y finalización de contrato para cada recurso.
- Transferencia de entregables y documentación previa a la liberación del personal.
- Reuniones de retroalimentación para consolidar experiencias en la memoria organizacional.

En resumen: El modelo de contratación y liberación del personal establece una incorporación progresiva de acuerdo a las necesidades de cada etapa, asegurando la permanencia de roles estratégicos y una liberación controlada de recursos operativos al final. Esto permite la eficiencia en costos, la continuidad técnica y el fortalecimiento de las capacidades organizacionales.

i. Definición de Indicadores de Medición de Desempeño del Equipo y Esquema de Incentivos y Recompensas.

La gestión del equipo necesita herramientas objetivas para medir el rendimiento de cada integrante y del grupo en su totalidad, garantizando que los objetivos del proyecto se alcancen con calidad, eficiencia y compromiso.

1. Indicadores de medición de desempeño del equipo

Se definen indicadores **cuantitativos y cualitativos**, alineados con las áreas clave de desempeño:

a) Cumplimiento de tiempos y entregas (Eficiencia):

- **Indicador:** % de actividades cumplidas en tiempo vs. planificadas.
- **Meta:** $\geq 90\%$.
- **Fuente:** Cronograma de MS Project.

b) Calidad de los entregables (Eficacia):

- **Indicador:** % de entregables aprobados en primera revisión por el área de calidad.
- **Meta:** $\geq 95\%$.
- **Fuente:** Registros de control de calidad e informes técnicos.

c) Productividad individual y grupal:

- **Indicador:** Horas trabajadas efectivas vs. horas planificadas.
- **Meta:** $\geq 85\%$.
- **Fuente:** Hojas de control de horas y reportes de avance.

d) Cumplimiento en seguridad y salud en el trabajo (SST):

- **Indicador:** Número de incidentes reportados / horas hombre.
- **Meta:** 0 incidentes graves; incidentes leves ≤ 2 por trimestre.
- **Fuente:** Informes de SST.

e) Trabajo en equipo y comunicación:

- **Indicador:** Nivel de satisfacción de stakeholders internos en encuestas semestrales.
- **Meta:** $\geq 4/5$ en escala Likert.
- **Fuente:** Encuestas internas y evaluaciones de clima laboral.

2. Esquema de incentivos y recompensas

El sistema de incentivos busca **motivar al equipo**, reconocer logros y fomentar la mejora continua:

a) Incentivos individuales:

- Compensación económica o en especie por un rendimiento excepcional en indicadores de eficiencia y calidad (>95%).
- Agradecimiento público en reuniones de progreso para aquellos que alcancen metas clave.
- Certificación interna por desempeño destacado para técnicos y profesionales.

b) Incentivos grupales:

- Premios por cumplimiento conjunto de objetivos, tales como actividades de integración o bonos grupales cuando el proyecto logre hitos sin retrasos ni reprocesos.
- Menciones honoríficas en el informe final del proyecto, así como entrega de diplomas de participación.

c) Recompensas no monetarias:

- Flexibilidad en el horario en fases posteriores para aquellos que hayan demostrado un desempeño excepcional.
- Oportunidades de formación adicional (cursos especializados, talleres técnicos) para potenciar habilidades.
- Participación prioritaria en próximos proyectos estratégicos de la organización.

La definición de indicadores facilita la medición objetiva del rendimiento del equipo en aspectos como eficiencia, eficacia, seguridad y comunicación. El esquema de incentivos — económicos, colectivos y no monetarios— garantiza la motivación y el compromiso constantes, fomentando un ambiente de mejora continua y logrando la alineación entre los objetivos individuales y los del proyecto.

j. Identificación de Habilidades Blandas (Liderazgo, Empoderamiento, Creatividad, Innovación, Trabajo Colaborativo, Manejo de Conflictos y Comunicación Asertiva) Para el Desarrollo del Proyecto.

El éxito del proyecto de Evaluación de Morfología en Agregados Para Elaboración de Concreto Hidráulico Empleado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado no solo depende de la capacidad técnica del equipo, sino también del desarrollo de habilidades blandas, que garantizan un ambiente de trabajo colaborativo, innovador y resiliente ante los desafíos.

1. Liderazgo

- Relevancia: El Project Manager y los líderes de área deben orientar al equipo hacia los objetivos, generando confianza y compromiso.
- Aplicación en el proyecto: Dirección precisa de actividades cruciales como la planificación del cronograma, la ejecución de ensayos y el cierre administrativo.

2. Empoderamiento

- Relevancia: Fomentar la autonomía de los integrantes para tomar decisiones en sus roles mejora la eficiencia y el sentido de pertenencia.
- Aplicación en el proyecto: Ingenieros y técnicos de laboratorio que tienen responsabilidad directa en los resultados de ensayos y validaciones normativas.

3. Creatividad e Innovación

- Relevancia: Facilita la presentación de soluciones alternativas para problemas técnicos o de gestión.
- Aplicación en el proyecto: Diseño de mezclas de concreto con aditivos, ajustes en los procesos de ensayo, optimización de tiempos durante la fase de ejecución.

4. Trabajo Colaborativo

- Relevancia: La interacción continua entre áreas (calidad, laboratorio, comunicaciones, administrativo) garantiza el flujo de información y previene cuellos de botella.
- Aplicación en el proyecto: Coordinación entre proveedores, laboratorio y gerencia para asegurar la disponibilidad de materiales e insumos de manera oportuna.

5. Manejo de Conflictos

- Relevancia: Los conflictos pueden aparecer debido a retrasos, sobrecostos o diferencias en los enfoques técnicos. Una resolución adecuada previene impactos en el cronograma.
- Aplicación en el proyecto: Negociación entre la gerencia, producción y calidad ante discrepancias sobre los resultados de resistencia del concreto o la aceptación de proveedores.

6. Comunicación Asertiva

- Relevancia: Garantiza la comunicación clara, precisa y respetuosa de la información.
- Aplicación en el proyecto: Creación de informes técnicos, reportes de progreso y reuniones de socialización con partes interesadas internas y externas.

La combinación de estas habilidades blandas refuerza la capacidad del equipo para afrontar los desafíos del proyecto, promueve la cohesión y asegura una integración efectiva de los entregables. El liderazgo y empoderamiento fomentan la toma de decisiones, mientras que la creatividad e innovación facilitan la mejora de procesos. El trabajo colaborativo, la gestión de conflictos y la comunicación asertiva aseguran un ambiente productivo y enfocado en alcanzar los objetivos estratégicos del proyecto.

3.2.8 Plan de Gestión del Riesgo

a. Identificación de Riesgos y Determinación de Umbral

La gestión de riesgos en el proyecto de Evaluación de Morfología en Agregados para la Elaboración de Concreto Hidráulico Utilizado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado es esencial para asegurar la continuidad, la calidad de los entregables y el cumplimiento de los objetivos de tiempo y costo.

1. Identificación de riesgos principales

Los riesgos se clasificaron en cinco categorías: técnicos, operativos, financieros, legales/normativos y socioambientales, que representan amenazas potenciales al éxito del proyecto:

- **Riesgos técnicos**
 - Falla en calibración de equipos de laboratorio.
 - Resultados de ensayos no repetibles o con desviación superior al 5 %.
 - Incumplimiento de normas ASTM/NTC/INVIAS en agregados.
- **Riesgos operativos**
 - Retrasos en la entrega de agregados por parte de proveedores.
 - Retrasos en la ejecución de ensayos de laboratorio.
 - Ausencia temporal de personal crítico (ingeniero de materiales o técnicos de laboratorio).
- **Riesgos financieros**
 - Sobrecostos por incremento de precios en insumos (cemento, aditivos, energía).
 - Necesidad de ejecutar el fondo de contingencia antes de lo previsto.
 - Retrasos en pagos a proveedores que afecten el flujo de materiales.

- **Riesgos legales/normativos**

- Cambios en normativas de construcción o ensayos (ASTM, INVIAS, NTC, NSR-10).
- Sanciones por incumplimiento de licencias de extracción o disposición de residuos.

- **Riesgos ambientales y sociales**

- Rechazo comunitario por impactos ambientales en fuentes de agregados.
- Accidentes laborales en campo o laboratorio.
- Ineficiencia en la disposición de residuos peligrosos generados en ensayos.

2. Determinación de umbrales de riesgo

Para el control, se definen umbrales tanto cuantitativos como cualitativos que facilitan la implementación de medidas preventivas o correctivas:

- Umbral de tiempo: retrasos que superen el 10 % del cronograma base en actividades críticas activan planes de mitigación.
- Umbral de costo: sobrecostos acumulados que excedan el 8 % del presupuesto total requieren la aprobación de gerencia y el uso del fondo de contingencia.
- Umbral de calidad: una desviación estándar mayor al 5 % en resultados de resistencia activa la repetición de ensayos y la revisión técnica de procesos.
- Umbral de seguridad: la ocurrencia de 1 accidente grave o 3 incidentes leves activa medidas correctivas inmediatas de SST.
- Umbral ambiental/social: el incumplimiento de requisitos para la disposición de residuos o reclamos formales de comunidades activa la revisión y ajustes en el plan de sostenibilidad.

La identificación de riesgos y la definición de umbrales permiten al proyecto prever problemas y establecer criterios de respuesta claros. Este enfoque garantiza que los riesgos no solo sean identificados, sino también gestionados dentro de límites previamente acordados con la Gerencia y los stakeholders, lo que refuerza la resiliencia del proyecto.

b. Risk Breakdown Structure -RiBS

El Risk Breakdown Structure (RiBS) es una descomposición jerárquica de los riesgos del proyecto en categorías y subcategorías, lo que permite identificar su origen, facilitar la asignación de responsables y estructurar las estrategias de mitigación.

A continuación se, presenta la estructura de riesgos del proyecto “Evaluación de Morfología en Agregados Para Elaboración de Concreto Hidráulico Empleado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado”:

Nivel 1: Categorías principales de riesgos

1. **Riesgos Técnicos**
2. **Riesgos Operativos**
3. **Riesgos Financieros**
4. **Riesgos Legales y Normativos**
5. **Riesgos Ambientales y Sociales**

Nivel 2: Subcategorías y ejemplos identificados

1. Riesgos Técnicos

- **Equipos y laboratorio**
 - Fallas en calibración de equipos.
 - Deterioro o indisponibilidad de maquinaria de ensayo.
- **Ensayos y resultados**

- Desviación estándar > 5 %.
- Resultados no repetibles o fuera de norma.
- **Normas y especificaciones**
 - Cambios en especificaciones ASTM/NTC/INVIAS durante la ejecución.

2. Riesgos Operativos

- **Recursos humanos**
 - Ausencia de personal clave (ingeniero de materiales, técnicos de laboratorio).
 - Rotación o baja productividad del personal.
- **Logística**
 - Retrasos en transporte de agregados.
 - Dificultad en acceso a canteras y sitios de muestreo.
- **Planificación**
 - Retrasos en secuenciación de actividades críticas.

3. Riesgos Financieros

- **Costos directos**
 - Incremento en precio de cemento, aditivos o energía.
- **Costos indirectos**
 - Gastos administrativos imprevistos.
- **Flujo de efectivo**
 - Retrasos en pagos a proveedores.
 - Ejecución temprana del fondo de contingencia.

4. Riesgos Legales y Normativos

- **Regulatorios**

- Cambios en normativas de construcción o ensayos.
- **Licencias y permisos**
 - Problemas con licencias ambientales o permisos de explotación de agregados.
- **Contractuales**
 - Conflictos por incumplimiento de contratos con proveedores externos.

5. Riesgos Ambientales y Sociales

- **Ambientales**
 - Manejo inadecuado de residuos peligrosos de laboratorio.
 - Impacto en ecosistemas locales por extracción de agregados.
- **Sociales**
 - Conflictos con comunidades locales.
 - Reclamos de stakeholders externos por impactos negativos.
- **Seguridad y salud en el trabajo (SST)**
 - Accidentes laborales en campo o laboratorio.
 - Falta de cumplimiento en protocolos de seguridad.

El RiBS ofrece una perspectiva jerárquica y estructurada de los riesgos que podrían impactar el proyecto. Esta descomposición no solo ayuda en la identificación y clasificación, sino también en la asignación de responsables por categoría y en la definición de estrategias de mitigación concretas, alineadas con los umbrales de riesgo previamente definidos.

c. Análisis de Riesgos del Proyecto (Cualitativo y Cuantitativo) Debe Evidenciarse la

Aplicación y Cálculo del Valor Económico Esperado

El análisis cualitativo permite categorizar los riesgos según su probabilidad de ocurrencia (Baja, Media, Alta) y su impacto (Bajo, Moderado, Crítico) en relación con los objetivos de

costo, tiempo, calidad y seguridad. Para este proyecto, se utilizará una matriz de probabilidad e impacto, siguiendo la metodología del PMBOK 7 y las directrices de la ISO 31000.

Tabla 34. Matriz de evaluación cualitativa de riesgos

Riesgo identificado	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo (P x I)	Clasificación
Retrasos en entrega de agregados (proveedores)	Alta (0,6)	Moderado (3)	1,8	Medio-Alto
Fallas de calibración de equipos de laboratorio	Media (0,4)	Crítico (5)	2,0	Alto
Sobrecostos por variaciones en insumos	Media (0,5)	Moderado (3)	1,5	Medio
Accidentes laborales en muestreo	Baja (0,2)	Crítico (5)	1,0	Medio
Rechazo normativo de resultados por incumplir ASTM/NTC/INVIAS	Media (0,3)	Crítico (5)	1,5	Medio
Conflictos con comunidades locales	Baja (0,2)	Moderado (3)	0,6	Bajo
Variaciones en la resistencia del concreto en pruebas	Alta (0,6)	Crítico (5)	3,0	Muy Alto

Fuente: Autores.

Este análisis cualitativo facilitó la priorización de los riesgos más significativos: cambios en la resistencia del concreto, errores en la calibración de equipos y demoras en insumos críticos.

2. Análisis cuantitativo de riesgos

El análisis cuantitativo se realizó a través de la técnica del Valor Económico Esperado (VEE = $P \times I$ económico), que facilita la estimación del costo potencial de cada riesgo.

Suposiciones para el cálculo:

- Impacto económico estimado en pesos colombianos.
- Probabilidad expresada en porcentaje.

Tabla 35. Análisis cuantitativo de riesgos – Valor Económico Esperado (VEE)

Riesgo identificado	Probabilidad (%)	Impacto económico (COP)	VEE (P x I)
Retrasos en entrega de agregados	60 %	\$80.000.000	\$48.000.000
Fallas de calibración de equipos	40 %	\$120.000.000	\$48.000.000
Sobrecostos en insumos	50 %	\$60.000.000	\$30.000.000
Accidentes laborales en muestreo	20 %	\$200.000.000	\$40.000.000
Rechazo normativo de resultados	30 %	\$150.000.000	\$45.000.000
Conflictos con comunidades locales	20 %	\$100.000.000	\$20.000.000
Variaciones en resistencia del concreto	60 %	\$250.000.000	\$150.000.000

Fuente: Autores.

Total Valor Económico Esperado (reserva de contingencia recomendada):

\$381.000.000 COP

3. Resultados del análisis

- El riesgo con mayor VEE se relaciona con cambios en la resistencia del concreto (\$150M), lo cual puede influir directamente en la aceptación técnica del proyecto.
- Los riesgos de fallas de calibración y retrasos en agregados presentan un impacto combinado de \$96M, lo que representa un riesgo operacional significativo.
- El total del VEE (\$381M) indica que la reserva de contingencia debe ser al menos del 35 % del presupuesto directo de ejecución para mitigar de manera efectiva los impactos.

Con esto se demuestra que el análisis cualitativo ayudó a priorizar riesgos críticos, mientras que el análisis cuantitativo permitió una estimación económica objetiva para la gestión de reservas y la planificación de respuestas.

d. Matriz de Riesgos

Tabla 36. Matriz de Riesgos del Proyecto

ID	Riesgo identificado	Categoría	Prob. (%)	Impacto Económico (COP)	VEE (COP)	Nivel	Estrategia de respuesta	Responsable
R 1	Retrasos en entrega de agregados (proveedores)	Operativo / Logístico	60 %	\$80.000.000	\$48.000.000	Medio-Alto	Mitigar (cláusulas de entrega, múltiples proveedores)	Jefe de Planta – Proveedores
R 2	Fallas de calibración de equipos de laboratorio	Técnico	40 %	\$120.000.000	\$48.000.000	Alto	Mitigar (calibración periódica, mantenimientos preventivos)	Ingeniero de Materiales – Técnico de Lab.
R 3	Sobrecostos por variaciones en insumos	Financiero	50 %	\$60.000.000	\$30.000.000	Medio	Transferir (contratos a precio fijo, seguros)	Administrativo y Financiero
R 4	Accidentes laborales en muestreo	Seguridad / SST	20 %	\$200.000.000	\$40.000.000	Medio	Mitigar (protocolos SST, EPP, capacitaciones)	Coordinador SST
R 5	Rechazo normativo de resultados (ASTM/NTC/INVIAS)	Legal / Técnico	30 %	\$150.000.000	\$45.000.000	Alto	Mitigar (auditorías internas, control de calidad)	Profesional de Calidad
R 6	Conflictos con comunidades locales	Social / Ambiental	20 %	\$100.000.000	\$20.000.000	Bajo-Medio	Aceptar / Mitigar (socialización, mesas de trabajo)	Profesional de Comunicaciones
R 7	Variaciones en resistencia del concreto modular	Técnico / Calidad	60 %	\$250.000.000	\$150.000.000	Muy Alto	Mitigar (mezclas piloto, control estadístico)	Ingeniero de Materiales – Profesional de Calidad

Fuente: Autores.

Síntesis del análisis de la matriz

- Los riesgos críticos son:
 - **R7 – Variaciones en resistencia del concreto** (VEE \$150M).
 - **R2 – Fallas de calibración de equipos** (VEE \$48M).
 - **R1 – Retrasos en agregados** (VEE \$48M).
- El Valor Económico Esperado total (VEE global) se sitúa en \$381.000.000 COP, lo que respalda la necesidad de establecer una reserva de contingencia mínima del 35 % del presupuesto de ejecución.
- Estrategias clave: Mitigación preventiva de la mayoría de los riesgos técnicos y operativos, mientras que algunos (como sobrecostos e impactos sociales) se pueden transferir o aceptar.

e. Plan de Respuesta a Riesgo, Rastreado y Monitoreando los Riesgos Residuales

Tabla 37. Plan de Respuesta, Rastreabilidad y Monitoreo de Riesgos

ID	Riesgo identificado	Estrategia de respuesta	Acción específica	Riesgo residual	Monitoreo y rastreo	Responsable
R1	Retrasos en entrega de agregados	Mitigar	Contratar 2 proveedores alternos y establecer cláusulas de penalización	Retrasos menores de ≤ 5 días	Revisión semanal de entregas y bitácora de logística	Jefe de Planta – Proveedores
R2	Fallas de calibración de equipos	Mitigar	Programa de calibración cada 3 meses + contrato de mantenimiento o preventivo	Margen de error ≤ 2 % en mediciones	Hojas de chequeo de calibración y auditoría mensual de equipos	Ingeniero de Materiales – Técnico de Lab.

R3	Sobrecostos en insumos	Transferir	Establecer contratos marco a precio fijo + seguros de transporte	Posibles aumentos ≤ 3 % sobre presupuesto	Revisión mensual de variación de precios y fondo de contingencia	Administrativo y Financiero
R4	Accidentes laborales en muestreo	Mitigar	Capacitación en SST + entrega de EPP certificados	Riesgo de incidentes leves (golpes, fatiga)	Reporte inmediato de incidentes, inspección quincenal de SST	Coordinador SST
R5	Rechazo normativo de resultados	Mitigar	Implementar doble verificación de ensayos + auditorías internas	Probabilidad de rechazo ≤ 10 %	Auditorías semestrales, checklists de cumplimiento ASTM/NTC/INVIAS	Profesional de Calidad
R6	Conflictos con comunidades	Aceptar/Mitigar	Programar mesas de socialización + comunicación proactiva	Riesgo de baja aceptación social residual	Encuestas de percepción trimestrales	Profesional de Comunicaciones
R7	Variaciones en resistencia del concreto	Mitigar	Diseñar mezclas piloto + control estadístico + curado controlado	Riesgo de desviaciones ≤ 2 % en resistencia	Ensayos a 7, 14 y 28 días + control estadístico continuo	Ingeniero de Materiales – Calidad

Fuente: Autores.

Síntesis del Plan de Respuesta y Monitoreo

- **Estrategias predominantes:** Mitigación (R1, R2, R4, R5, R7), Transferencia (R3) y Aceptación controlada (R6).
- **Riesgos residuales:** Se consideran aceptables si se mantienen en niveles **bajos a moderados** (≤ 10 % de impacto sobre el cronograma o presupuesto).
- **Herramientas de seguimiento:**
 - **Hojas de chequeo de riesgos** (frecuencia semanal).
 - **Auditorías internas** (cada trimestre).

- **Comité de riesgos** (mensual).
- **Mecanismo de rastreabilidad:** Cada riesgo contará con un código único en la Matriz de Registro de Riesgos y se actualizará en cada comité de proyecto, garantizando la trazabilidad de acciones, responsables y resultados.

Este plan facilita anticipar, controlar y supervisar los riesgos residuales, manteniendo el impacto económico dentro del rango de la reserva de contingencia establecida en la planificación.

3.2.9 Plan de Gestión de Adquisiciones

a. Definición y Criterios de Valoración de Proveedores

La gestión de adquisiciones del proyecto implica elegir y contratar proveedores estratégicos que aseguren el suministro de agregados, insumos químicos, equipos de laboratorio, servicios de transporte y disposición de residuos, cumpliendo con altos estándares de calidad, oportunidad y sostenibilidad.

Definición de proveedores clave

1. Proveedores de agregados finos y gruesos: empresas locales y regionales con licencias ambientales vigentes y experiencia demostrada en la producción de materiales para concreto estructural.
2. Proveedores de insumos químicos y cemento Portland: fabricantes certificados bajo normas ISO, INVIAS, ASTM o NTC, con trazabilidad en la cadena de suministro.
3. Laboratorios acreditados (ONAC): entidades que realizan ensayos especializados con certificación de calibración y validación de métodos.
4. Servicios logísticos y transporte: compañías con flota certificada para el transporte de muestras, que cumplen con los requisitos de seguridad y tiempos de entrega.

5. Servicios de disposición de residuos peligrosos: proveedores autorizados por la autoridad ambiental para el manejo seguro de reactivos químicos.
6. Equipos y mantenimiento: empresas de arrendamiento, calibración y mantenimiento de equipos de laboratorio.

Criterios de valoración de proveedores

Para la selección de proveedores se aplicará una **matriz multicriterio** que evalúe los siguientes aspectos:

Tabla 38. Criterios de valoración de proveedores

Criterio	Descripción	Ponderación (%)
Cumplimiento normativo	Licencias ambientales, certificaciones ISO 9001, 14001, OHSAS/ISO 45001, acreditaciones ONAC.	25 %
Calidad técnica	Conformidad con normas ASTM/NTC/INVIAS, resultados previos de materiales e insumos, estándares de laboratorio.	20 %
Precio y condiciones comerciales	Competitividad en costos, condiciones de pago, cláusulas de estabilidad de precios.	15 %
Capacidad logística	Puntualidad en entregas, cobertura geográfica, disponibilidad de transporte y almacenamiento.	15 %
Experiencia y reputación	Trayectoria en el sector, referencias de proyectos similares, estabilidad empresarial.	10 %
Sostenibilidad y RSE	Políticas ambientales, sociales y de seguridad; certificaciones ISO 14001 y programas de responsabilidad social.	10 %
Flexibilidad y soporte postventa	Atención a reclamos, soporte técnico, servicio postventa y mantenimiento de equipos.	5 %

Fuente: Autores.

Metodología de evaluación

- Se implementará un sistema de puntuación (0-5) para cada criterio, ponderado según la tabla anterior.
- Los proveedores que alcancen una calificación $\geq 80\%$ serán considerados aptos para la contratación.
- El comité de adquisiciones (Project Manager, Jefe de Planta, Profesional de Calidad) será responsable de aplicar la matriz, documentar los resultados y aprobar la selección final.

Este enfoque asegura que las adquisiciones se alineen con los objetivos de calidad, costo, tiempo y sostenibilidad del proyecto, minimizando los riesgos operativos y financieros relacionados con el suministro.

b. Selección y Tipificación de Contratos

La naturaleza del proyecto implica la adquisición de materiales, servicios especializados y apoyo logístico, lo que exige la creación de contratos diferenciados según el tipo de bien o servicio. La correcta clasificación contractual es crucial para garantizar el cumplimiento de los objetivos de costo, calidad, tiempo y alcance, mientras se minimizan los riesgos legales y financieros.

1. Tipos de contratos aplicados

- 1. Contratos de suministro de materiales (agregados, cemento, aditivos químicos)**
 - Modalidad: Precio unitario.
 - Justificación: Los volúmenes de materiales pueden cambiar según ajustes de diseño o la repetición de ensayos, por lo que la facturación se realizará por unidad entregada (m^3 , toneladas o kg).

- Cláusulas clave: calidad certificada bajo ASTM/NTC/INVIAS, licenciamiento ambiental, cumplimiento en los plazos de entrega, penalidades por incumplimiento.

2. Contratos de servicios de laboratorio acreditado (ONAC)

- Modalidad: Precio fijo establecido.
- Justificación: Se tiene claro el alcance de los ensayos (granulometría, densidad, absorción, resistencia mecánica), lo que permite acordar un valor global sin cambios.
- Cláusulas clave: trazabilidad de resultados, plazos de entrega de informes, responsabilidad técnica por ensayos no conformes.

3. Contratos de mantenimiento y arrendamiento de equipos de laboratorio

- Modalidad: Precio fijo más costos reembolsables (híbrido).
- Justificación: El arrendamiento se establece en un valor mensual fijo, mientras que el mantenimiento correctivo puede conllevar costos adicionales imprevistos que se reconocen previa aprobación.
- Cláusulas clave: disponibilidad mínima del 95 % de los equipos, garantía de calibración certificada.

4. Contratos de transporte y logística de muestras

- Modalidad: Precio por cada viaje o tramo.
- Justificación: Los gastos de transporte varían según las distancias recorridas y la cantidad de material trasladado.
- Cláusulas clave: cumplimiento de normas de seguridad vial, aseguramiento de la carga, tiempos máximos de traslado.

5. Contratos de disposición de residuos peligrosos (químicos de ensayo)

- Modalidad: Precio unitario basado en peso/volumen dispuesto.
- Justificación: La producción de residuos químicos es variable, por lo que es más apropiado un esquema de pago por la cantidad efectivamente entregada para su disposición.
- Cláusulas clave: autorización ambiental vigente, certificados de disposición final, cumplimiento de la normativa ambiental y de seguridad.

6. Contratos de servicios profesionales (consultoría, capacitación, auditorías)

- Modalidad: Precio fijo establecido.
- Justificación: La prestación de servicios especializados tiene un alcance específico (ej. capacitaciones en normas ASTM/NTC/INVIAS o auditorías internas), por lo que el valor se acuerda de manera global.
- Cláusulas clave: entrega de productos comprobables (informes, actas, capacitaciones), confidencialidad de la información, cumplimiento del cronograma.

2. Selección del tipo de contrato según categoría de adquisición

Tabla 39. Selección del tipo de contrato según categoría de adquisición

Categoría de adquisición	Tipo de contrato recomendado	Riesgo asumido por	Razonamiento
Suministro de agregados y materiales	Precio unitario	Cliente	Variación en volúmenes y tiempos de entrega.
Servicios de laboratorio acreditado	Precio fijo cerrado	Proveedor	Alcance bien definido y resultados verificables.

Arrendamiento y mantenimiento de equipos	Híbrido (precio fijo + reembolsable)	Compartido	Posibles imprevistos en fallas de equipos.
Transporte y logística	Precio unitario por servicio	Cliente	Costos variables según distancia y volumen.
Disposición de residuos peligrosos	Precio unitario	Cliente	Volumen de residuos no completamente predecible.
Servicios profesionales especializados	Precio fijo cerrado	Proveedor	Entregables bien definidos en tiempo y alcance.

Fuente: Autores.

3. Estrategia de aplicación contractual

- Se establecerán cláusulas de penalización por incumplimiento en calidad, plazos o normativas ambientales.
- Se requerirá una garantía de cumplimiento y responsabilidad civil en contratos clave (suministro de agregados, gestión de residuos).
- Los contratos se ajustarán a las políticas de compras responsables del proyecto, priorizando a proveedores que cuenten con certificaciones ISO 9001, ISO 14001 y prácticas sostenibles.
- El Project Manager y el departamento administrativo-financiero serán responsables de la negociación y gestión de contratos, con revisiones periódicas del comité de adquisiciones.

Este esquema promueve un balance de riesgos entre el cliente y el proveedor, impulsa la competitividad y asegura el cumplimiento normativo y técnico del proyecto.

c. Criterios de Contratación, Ejecución y Control de Compras y Contratos.

La gestión de adquisiciones en el proyecto de Evaluación de Morfología en Agregados para la Elaboración de Concreto Hidráulico Utilizado en Sistemas de Construcción Modular

Industrializada se basa en criterios técnicos, administrativos, financieros y de sostenibilidad que garantizan el cumplimiento de los objetivos de alcance, costo, tiempo, calidad y normatividad correspondiente.

1. Criterios de contratación

1. Técnicos

- Cumplimiento de normas **ASTM, INVIAS, NTC y NSR-10** en materiales, equipos y ensayos.
- Certificación de calidad y acreditación (ONAC, ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001).
- Capacidad logística y disponibilidad de recursos para cumplir con los cronogramas del proyecto.

2. Económicos

- Evaluación comparativa de precios unitarios, costos fijos y condiciones de pago.
- Inclusión de **cláusulas de sostenibilidad financiera**, como penalidades por incumplimiento y descuentos por entregas anticipadas.
- Relación **costo–beneficio** del servicio o producto adquirido.

3. Administrativos y Legales

- Cumplimiento de requisitos contractuales de ley: RUT, cámara de comercio, licencias ambientales y permisos vigentes.
- Capacidad de presentar garantías de cumplimiento, calidad y responsabilidad civil.
- Historial de cumplimiento en contratos similares.

4. Sostenibilidad y Responsabilidad Social

- Priorización de proveedores con certificaciones ambientales (ISO 14001) y prácticas de economía circular.
- Inclusión de criterios sociales: generación de empleo local, respeto por normatividad laboral y seguridad industrial.
- Políticas de compras responsables y trazabilidad en la cadena de suministro.

2. Criterios de ejecución

1. Planificación contractual

- Cada contrato se alinearé con el **WBS y cronograma base** del proyecto.
- Definición clara de entregables, hitos de pago y productos verificables.

2. Desempeño del proveedor

- Evaluación periódica mediante indicadores de calidad, tiempo de entrega y cumplimiento de normatividad.
- Uso de **actas de avance y reportes de conformidad** como condición para pagos.

3. Comunicación

- Establecimiento de canales formales de comunicación (actas, correos oficiales, minutas).
- Socialización de cambios contractuales mediante comité de adquisiciones.

3. Criterios de control de compras y contratos

1. Monitoreo y seguimiento

- Aplicación de **hojas de chequeo y auditorías internas** sobre entregables recibidos.
- Validación documental y técnica por parte del **Project Manager** y el **Profesional de Calidad**.

- Control presupuestal mediante **curvas S y análisis de valor ganado (EVM)**.

2. Control de riesgos contractuales

- Registro de incumplimientos y reclamos en la **matriz de riesgos contractuales**.
- Aplicación de **planes de contingencia y sanciones** según cláusulas pactadas.

3. Cierre contractual

- Acta de cierre validada por Gerencia y el área administrativa-financiera.
- Archivo digital en el repositorio institucional para efectos de trazabilidad.
- Inclusión de lecciones aprendidas en el repositorio de conocimiento.

Con estos criterios, el proyecto garantiza transparencia, eficiencia y cumplimiento normativo, lo que refuerza la relación con los proveedores y disminuye los riesgos financieros, técnicos y legales.

d. Cronograma de Compras Con la Asignación de Responsable.

Tabla 40. Cronograma de Compras con Responsables

Código WBS	Actividad / Compra	Fecha estimada	Responsable principal	Soporte / Control
2.5.1.1	Compra de agregados finos (Río Magdalena)	Ene 2024	Proveedores de Agregados Finos	Project Manager – Jefe de Planta
2.5.1.2	Compra de agregados gruesos (Río Guayuribo)	Ene 2024	Proveedores de Agregados Gruesos	Project Manager – Jefe de Planta
2.5.1.3	Adquisición de reactivos químicos de ensayo	Feb 2024	Ingeniero de Materiales	Técnico de Laboratorio – Profesional de Calidad
2.5.1.4	Compra de equipos especializados de laboratorio	Mar 2024	Project Manager	Ingeniero de Materiales – Personal Administrativo
2.5.1.5	Compra de EPP y elementos de seguridad	Mar 2024	SST (Seguridad y Salud en el Trabajo)	Project Manager – Personal Administrativo

2.5.2.1	Contratación de laboratorios acreditados ONAC	Abr 2024	Ingeniero de Materiales	Project Manager – Profesional de Calidad
2.5.2.2	Servicios de transporte de muestras	Abr 2024	Transporte y Logística	Project Manager – Jefe de Planta
2.5.2.3	Mantenimiento preventivo de equipos de ensayo	May 2024	Jefe de Planta	Project Manager – Técnico de Laboratorio
2.5.2.4	Arrendamiento de equipos adicionales	Jun 2024	Project Manager	Personal Administrativo y Financiero
2.5.2.5	Servicios de disposición de residuos peligrosos	Jul 2024	SST (Seguridad y Salud en el Trabajo)	Project Manager – Profesional de Calidad
2.5.3.1	Evaluación y contratación de proveedores locales	Dic 2024 – Ene 2025	Project Manager	Personal Administrativo y Financiero
2.5.3.2	Aplicación de criterios ambientales y sociales	Ene 2025	Profesional de Calidad	Project Manager – SST
2.5.3.3	Implementación de políticas de compras responsables	Ene 2025	Project Manager	Profesional de Comunicaciones – Calidad
2.5.3.4	Auditorías a proveedores críticos	May 2025	Profesional de Calidad	Project Manager – Ingeniero de Materiales
2.5.3.5	Verificación de certificación ISO 14001 de proveedores	Jul 2025	Profesional de Calidad	Project Manager – SST

Fuente: Autores.

Análisis del Cronograma de Compras

- Inicio temprano (ene 2024): se enfoca en la evaluación y selección de proveedores, asegurando que los insumos principales (agregados, reactivos y equipos) estén listos al inicio de la ejecución.
- Primer semestre 2025: se centra en la adquisición de recursos esenciales (laboratorios acreditados, transporte de muestras, EPP, mantenimiento y arrendamiento de equipos).

- Responsabilidad distribuida: el Project Manager actúa como integrador, pero la ejecución está a cargo de responsables técnicos especializados (Ingeniero de Materiales, Jefe de Planta, SST).
- Control de calidad y sostenibilidad: el Profesional de Calidad y el área de SST colaboran de manera transversal, garantizando que las compras cumplan con criterios normativos, ambientales y sociales.

Con este cronograma, las compras se organizan de forma escalonada, alineadas con el WBS del proyecto y garantizando la disponibilidad de insumos, equipos y servicios sin demorar la ejecución.

e. Sostenibilidad en el Proceso de Adquisiciones

La sostenibilidad en el proceso de adquisiciones se entiende como un pilar fundamental que garantiza que las decisiones de compra, contratación y uso de recursos generen valor a largo plazo sin poner en riesgo la calidad técnica del proyecto, ni el bienestar social y ambiental.

1. Enfoque Ambiental

- Selección de proveedores responsables: se priorizan proveedores con certificaciones ambientales (ej. ISO 14001) y prácticas de extracción responsable de agregados (minimizando los impactos en cuerpos de agua y cumpliendo con licencias ambientales).
- Reducción de huella de carbono: se fomenta la compra de insumos locales (agregados del río Magdalena y Guayuribo) para reducir las distancias de transporte y, por ende, las emisiones de CO₂.
- Gestión de residuos: contratación de servicios certificados para la disposición de residuos peligrosos (reactivos químicos, lodos de laboratorio), garantizando la trazabilidad en el ciclo de vida del material.

- Uso eficiente de recursos: adquisición de equipos de laboratorio con eficiencia energética y aditivos químicos de bajo impacto ambiental.

2. Enfoque Social

- Promoción del empleo local: se prioriza la contratación de proveedores y servicios regionales, impulsando el desarrollo económico en el Meta y sus alrededores.
- Seguridad y bienestar de trabajadores: adquisición de EPP certificados y contratación de servicios de capacitación en normas de seguridad industrial, disminuyendo riesgos de accidentes.
- Relaciones éticas con proveedores: implementación de políticas de compras responsables, prohibiendo prácticas de explotación laboral y asegurando la transparencia en los procesos.
- Inclusión y equidad: se incorporan criterios que favorecen la participación de proveedores PYMES y asociaciones locales.

3. Enfoque Económico

- Optimización de costos del ciclo de vida: se evalúa no solo el precio de compra, sino también el costo total relacionado con operación, mantenimiento y disposición final de los insumos.
- Diversificación de proveedores: previene la dependencia excesiva de un solo proveedor, garantizando competitividad y estabilidad en los precios.
- Ahorro presupuestal: a través de negociaciones colectivas y contratos a mediano plazo, se logra disminuir la exposición a sobre costos.
- Evaluación de riesgos financieros: se incorporan cláusulas contractuales que protegen al proyecto de incumplimientos por parte de los proveedores.

4. Estrategias de Implementación

- Criterios de adjudicación sostenibles: al menos el 30 % de la evaluación de proveedores toma en cuenta factores ambientales y sociales, además de los técnicos y económicos.
- Monitoreo y auditorías periódicas: verificación del cumplimiento de los compromisos ambientales y sociales por parte de proveedores clave.
- Capacitación en adquisiciones sostenibles: formación del equipo de compras y del Project Manager en prácticas de contratación ecológica y responsabilidad social corporativa.
- Reporte de sostenibilidad: consolidación de indicadores sobre huella de carbono, porcentaje de compras locales, porcentaje de proveedores certificados y porcentaje de residuos gestionados de forma adecuada.

Con este enfoque, el proceso de adquisiciones del proyecto no solo asegura un suministro oportuno y de calidad, sino que también apoya la responsabilidad ambiental, el desarrollo local y la eficiencia económica, alineándose con la estrategia de sostenibilidad de Concremack S.A.S.

4 Lecciones Aprendidas

La gestión integral del proyecto “Evaluación de Morfología en Agregados Para Elaboración de Concreto Hidráulico Empleado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado” facilitó la identificación de diversas lecciones aprendidas que serán útiles para la mejora continua en futuros proyectos de naturaleza similar. Estas se presentan organizadas en las principales áreas de conocimiento de la gerencia de proyectos:

4.1. Gestión del Alcance

- La descripción exhaustiva del WBS permitió una mejor trazabilidad de los entregables y minimizó desviaciones importantes.
- Se reconoció la importancia de fortalecer los procesos de validación temprana de requisitos, lo que habría disminuido ajustes posteriores.

4.2. Gestión del Tiempo

- La implementación de la técnica PERT y el análisis de ruta crítica fue clave para realizar estimaciones realistas de tiempos.
- Se entendió que la nivelación de recursos desde las fases iniciales reduce cuellos de botella, especialmente en actividades de laboratorio.

4.3. Gestión de Costos

- La combinación de curvas S y el análisis de valor ganado proporcionó un control efectivo sobre los costos tanto planificados como reales.
- Se destacó la importancia de contar con fondos de contingencia adecuados para reducir sobrecostos asociados a insumos críticos (ej. aditivos químicos y energía eléctrica).

4.4. Gestión de la Calidad

- El empleo de herramientas como el diagrama de flujo, Ishikawa y listas de verificación permitió identificar desviaciones en etapas tempranas y llevar a cabo acciones correctivas de manera oportuna.
- La estandarización de los protocolos de muestreo y ensayo favoreció la confiabilidad y repetibilidad de los resultados técnicos.

4.5. Gestión de Recursos

- La implementación de una matriz RACI bien definida ayudó a disminuir las ambigüedades en la asignación de responsabilidades.
- Se descubrió que la formación en habilidades blandas (liderazgo, comunicación, manejo de conflictos) fortaleció la colaboración del equipo.

4.6. Gestión de Riesgos

- La elaboración de la RiBS y el uso de análisis cuantitativo con valor económico esperado ofrecieron una perspectiva clara de los riesgos más significativos.
- Se reconoció la necesidad de intensificar el seguimiento de los riesgos emergentes durante las fases de ejecución, especialmente en lo que respecta a los retrasos en la cadena logística.

4.7. Gestión de Adquisiciones

- La incorporación de criterios de sostenibilidad en la selección de proveedores favoreció una mayor aceptación social del proyecto y disminuyó los riesgos legales.
- Se concluyó que diversificar proveedores críticos (agregados y reactivos) disminuye la vulnerabilidad ante incumplimientos.

4.8. Gestión de Comunicaciones y Stakeholders

- La creación de canales formales de comunicación favoreció una mayor transparencia y confianza entre la Gerencia y los stakeholders externos.
- Se descubrió que la socialización temprana de resultados parciales genera un mayor compromiso por parte de los clientes piloto y facilita la aceptación de los entregables finales.

Estas lecciones aprendidas crean un repositorio de conocimiento institucional para Concremack S.A.S., brindando valor no solo a la exitosa finalización del presente proyecto, sino también como una referencia estratégica para proyectos futuros en el campo de la construcción modular y la gestión de agregados.

5 Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

1. El proyecto “Evaluación de Morfología en Agregados Para Elaboración de Concreto Hidráulico Empleado en Sistemas de Construcción Modular Industrializado” permitió comprobar que los procedimientos técnicos y de gestión implementados bajo metodologías de gerencia de proyectos (PMBOK – PMI) son eficaces para asegurar el cumplimiento de alcance, calidad, tiempo y costo.
2. Los informes consolidados mensuales de Concremack (febrero 2024–agosto 2025) muestran que las mezclas producidas en planta logran resistencias promedio dentro del rango establecido (210–280 Kg/cm²), lo que confirma la idoneidad de los agregados evaluados.
3. La implementación de protocolos de muestreo, ensayos normalizados y control de calidad garantizó la fiabilidad de los resultados, confirmando que los agregados cumplen con las especificaciones técnicas necesarias para la producción de concreto modular.
4. El desarrollo de un plan de riesgos integral con análisis cualitativo y cuantitativo disminuyó la exposición del proyecto a contingencias críticas, subrayando la importancia de contar con planes de mitigación y contingencia bien definidos.
5. Se observaron variaciones en algunos lotes, especialmente relacionadas con la granulometría y contenido de finos, que en ciertos casos generaron desviaciones hacia resistencias por debajo del límite inferior (210 Kg/cm²). Esto refuerza la necesidad de controles permanentes de calidad.
6. El componente de gestión del talento humano fue crucial, destacándose que la capacitación técnica y el movimiento fortalecedor de habilidades blandas (liderazgo,

comunicación, trabajo en equipo) potenciaron el rendimiento del personal y facilitaron el logro de los objetivos.

7. Finalmente, la gestión del proyecto consolidó un repositorio de conocimiento y lecciones aprendidas que se constituye en un insumo de gran valor para la organización, mejorando su capacidad para afrontar futuros proyectos en construcción modular.

5.2. Recomendaciones

1. Mantener un sistema de control de calidad continuo, incorporando en el plan de producción revisiones periódicas de granulometría, absorción y morfología de los agregados, para minimizar el riesgo de resistencias por debajo de 210 Kg/cm².
2. Ampliar la capacitación continua del equipo de trabajo, no solo en normativas técnicas (ASTM, INVIAS, NTC, NSR-10), sino también en metodologías de gestión de proyectos y tecnologías digitales aplicadas a la construcción.
3. Fortalecer los protocolos de selección de proveedores de agregados, priorizando aquellos que aseguren consistencia en la calidad y el suministro, con el objetivo de mantener la estabilidad en el rango de 3000–4000 PSI.
4. Fortalecer la gestión de riesgos logísticos y de suministro, diversificando proveedores y estableciendo contratos marco con cláusulas de contingencia.
5. Consolidar la cultura de sostenibilidad en proyectos futuros, incorporando criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ASG) desde la etapa de planificación, con indicadores específicos de seguimiento.
6. Promover la transferencia de conocimiento, asegurando que los informes técnicos, lecciones aprendidas y buenas prácticas se documenten y compartan con la organización y sus stakeholders clave.

7. Diseñar un sistema de incentivos y recompensas vinculado al cumplimiento de metas de calidad, tiempo y costo, para mantener altos niveles de motivación y compromiso en los equipos de trabajo.

Con estas conclusiones y recomendaciones, el proyecto no solo alcanza sus objetivos inmediatos, sino que también crea una base metodológica y estratégica para el desarrollo de futuros proyectos de Concremack S.A.S., asegurando una mayor eficiencia, sostenibilidad e innovación en sus procesos de construcción modular.

6. Referencias

- American Society for Testing and Materials. (2018). *ASTM C117-17: Standard test method for materials finer than 75- μ m (No. 200) sieve in mineral aggregates by washing*. ASTM International. <https://doi.org/10.1520/C0117-17>
- American Society for Testing and Materials. (2018). *ASTM C127-15: Standard test method for relative density (specific gravity) and absorption of coarse aggregate*. ASTM International. <https://doi.org/10.1520/C0127-15>
- American Society for Testing and Materials. (2018). *ASTM C128-15: Standard test method for relative density (specific gravity) and absorption of fine aggregate*. ASTM International. <https://doi.org/10.1520/C0128-15>
- American Society for Testing and Materials. (2018). *ASTM C136/C136M-14: Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates*. ASTM International. https://doi.org/10.1520/C0136_C0136M-14
- American Society for Testing and Materials. (2018). *ASTM C33/C33M-18: Standard specification for concrete aggregates*. ASTM International. https://doi.org/10.1520/C0033_C0033M-18
- ASTM International. (2018). *ASTM C33/C33M-18: Standard specification for concrete aggregates*. ASTM International. https://doi.org/10.1520/C0033_C0033M-18
- ASTM International. (2019). *ASTM C136/C136M-19: Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates*. ASTM International. https://doi.org/10.1520/C0136_C0136M-19

- ASTM International. (2019). *ASTM C295/C295M-19: Standard guide for petrographic examination of aggregates for concrete*. ASTM International.
https://doi.org/10.1520/C0295_C0295M-19
- ASTM International. (2020). *ASTM C127-20: Standard test method for relative density (specific gravity) and absorption of coarse aggregate*. ASTM International.
<https://doi.org/10.1520/C0127-20>
- ASTM International. (2020). *ASTM C128-20: Standard test method for relative density (specific gravity) and absorption of fine aggregate*. ASTM International.
<https://doi.org/10.1520/C0128-20>
- Carvajal, J., & Castaño, J. (2019). *Evaluación de la calidad de agregados para concreto en Colombia: parámetros de granulometría y resistencia mecánica*. *Revista Ingeniería y Ciencia*, 15(29), 23–38.
- Carvajal, L. F., & Castaño, C. A. (2019). *Influencia de la granulometría y morfología de los agregados en las propiedades mecánicas del concreto*. *Revista Ingeniería de Construcción*, 34(1), 45-56. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732019000100045>
- Chapman, C., & Ward, S. (2011). *How to Manage Project Opportunity and Risk: Why Uncertainty Management Matters* (3^a ed.). Wiley.
- Crawford, L., Hobbs, B., & Turner, R. (2016). *Value Management and Its Application in Projects: A Guide to Good Practice*. Wiley.
- Decreto 1077 de 2015. (2015). *Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio*. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

- Gómez, J. P., Martínez, H. A., & Rincón, M. A. (2020). *Efecto de la variabilidad de los agregados en la resistencia a la compresión del concreto*. Ingeniería y Ciencia, 16(31), 115–134. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.16.31.5>
- Gómez, L., Rojas, A., & Cifuentes, P. (2020). *Influencia de las características de los agregados en la durabilidad del concreto estructural*. Revista Tecnura, 24(65), 45–59. <https://doi.org/10.14483/22487638>
- ICONTEC. (2002). *NTC 92: Método para determinar la densidad relativa, la densidad aparente (peso unitario) y la absorción del agregado fino*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- ICONTEC. (2004). *NTC 174: Agregados para concreto. Análisis granulométrico*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- ICONTEC. (2004). *NTC 237: Concretos. Determinación de la resistencia a la compresión*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- ICONTEC. (2014). *NTC 98: Método de ensayo para determinar la presencia de materia orgánica en arenas para concreto*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- ICONTEC. (2015). *ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2002). *NTC 174: Agregados para concreto. Clasificación y especificaciones*. ICONTEC.

- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2015). *NTC 98: Método para el análisis químico de agregados para concreto*. ICONTEC.
- ISO. (2015). *ISO 20400:2015 – Sustainable procurement — Guidance*. International Organization for Standardization.
- ISO. (2018). *ISO 31000:2018 – Risk management — Guidelines*. International Organization for Standardization.
- Kerzner, H. (2017). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (12^a ed.). Wiley.
- Kerzner, H. (2018). *Project Management Metrics, KPIs, and Dashboards: A Guide to Measuring and Monitoring Project Performance* (2^a ed.). Wiley.
- Kerzner, H. (2019). *Project Management Case Studies* (5^a ed.). Wiley.
- Ley 400 de 1997. (1997). *Por la cual se adoptan normas sobre construcciones sismo resistentes*. Congreso de Colombia. Diario Oficial No. 43.091.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, properties, and materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Decreto 1076 de 2015: Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Diario Oficial de Colombia.
- Neville, A. M. (2012). *Properties of concrete* (5th ed.). Pearson Education Limited.
- Organización Internacional de Normalización (ISO). (2006). *ISO 14040:2006: Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework*. ISO.

Organización Internacional de Normalización (ISO). (2006). *ISO 14044:2006: Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines*. ISO.

PMI. (2018). *The Standard for Project Quality Management*. Project Management Institute.

PMI. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)– Seventh Edition and The Standard for Project Management (7th ed.)*. Project Management Institute.

Project Management Institute. (2021). *The Standard for Risk Management in Portfolios, Programs, and Projects*. Project Management Institute.

Proyecto P5TM. (2019). *Guía metodológica para la medición de impactos ambientales bajo criterios P5TM*. Programa de Producción más Limpia.

7. Anexos

Anexo A. Matriz_RACI_Concremak

Anexo B. PlanCronograma_PERT_Concremak

Anexo C. Diccionario_WBS_Concremak

Anexo D. CAR-004-A0014-25-AC-Consolidado Mensual_Abril.

Anexo E. CAR-005-A0036-25-AC-Consolidado Mensual Mayo.

Anexo F. CAR+002+1502+25+AC+Consolidado Mensual_Febrero.

Anexo G. CAR+003+1503+25+AC+Consolidado Mensual_Marzo.

Anexo H. 05. Caracterización estudiantes Maestría

Anexo I. CAR+005+1378+24+AC+Consolidado Mensual_Mayo

Anexo J. CAR+006+1383+24+AC+Consolidado Mensual_Junio.

Anexo K. CAR+007+1390+24+AC+Consolidado Mensual_Julio.

Anexo L. CAR+008+1396+24+AC+Consolidado Mensual_Agosto

Anexo M. CAR+009+1413+24+AC+Consolidado Mensual_Septiembre.

Anexo N. CAR+010+1425+24+AC+Consolidado Mensual_Octubre.

Anexo O. CAR+011+1446+24+AC+Consolidado Mensual_Noviembre.

Anexo P. CAR+012+1463+24+AC+Consolidado Mensual_Diciembre..

Anexo Q. CAR-001-9652-24-AC-Consolidado Mensual_Enero.

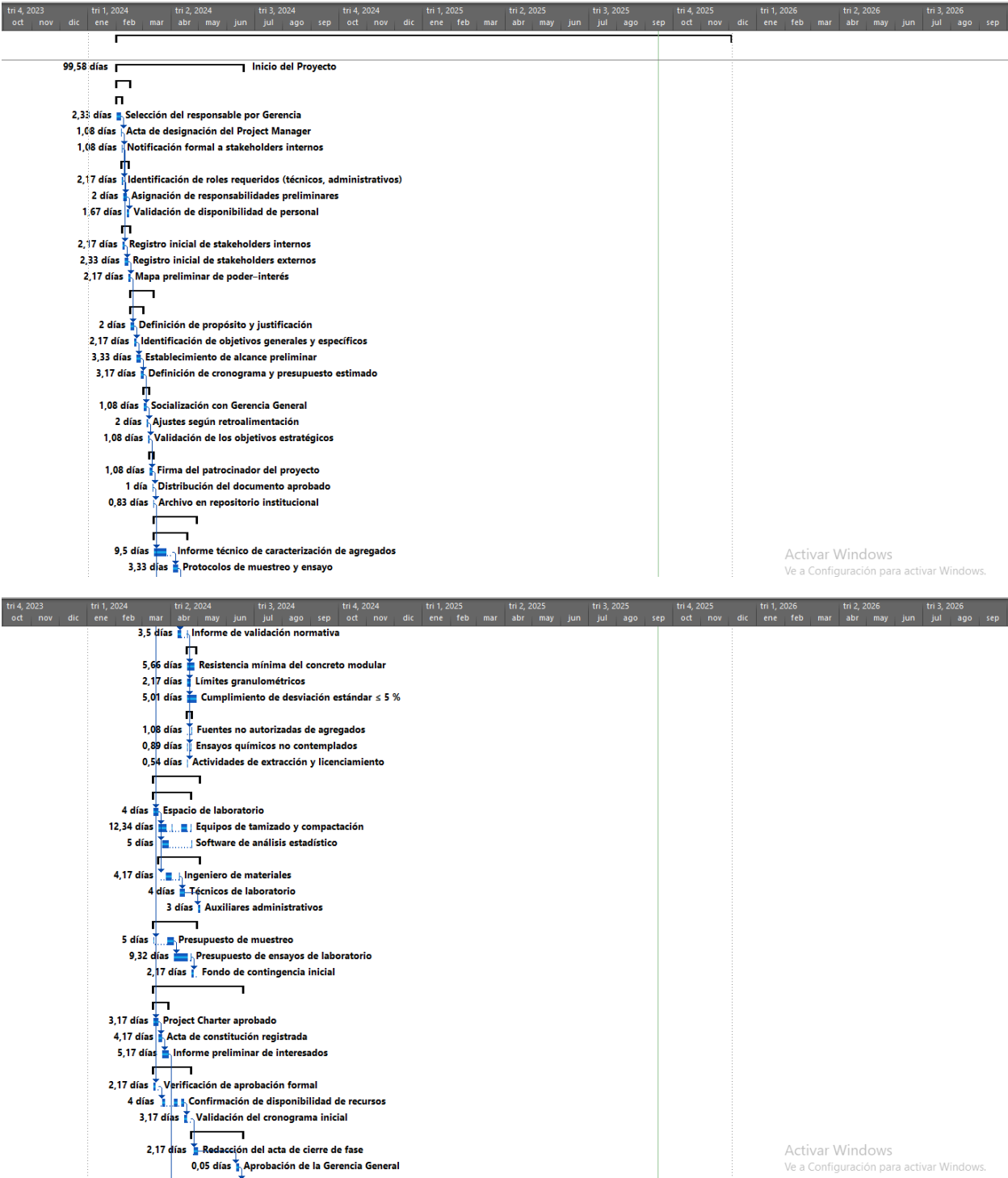
Anexo R. CAR-002-9833-24-AC-Consolidado Mensual_Febrero.

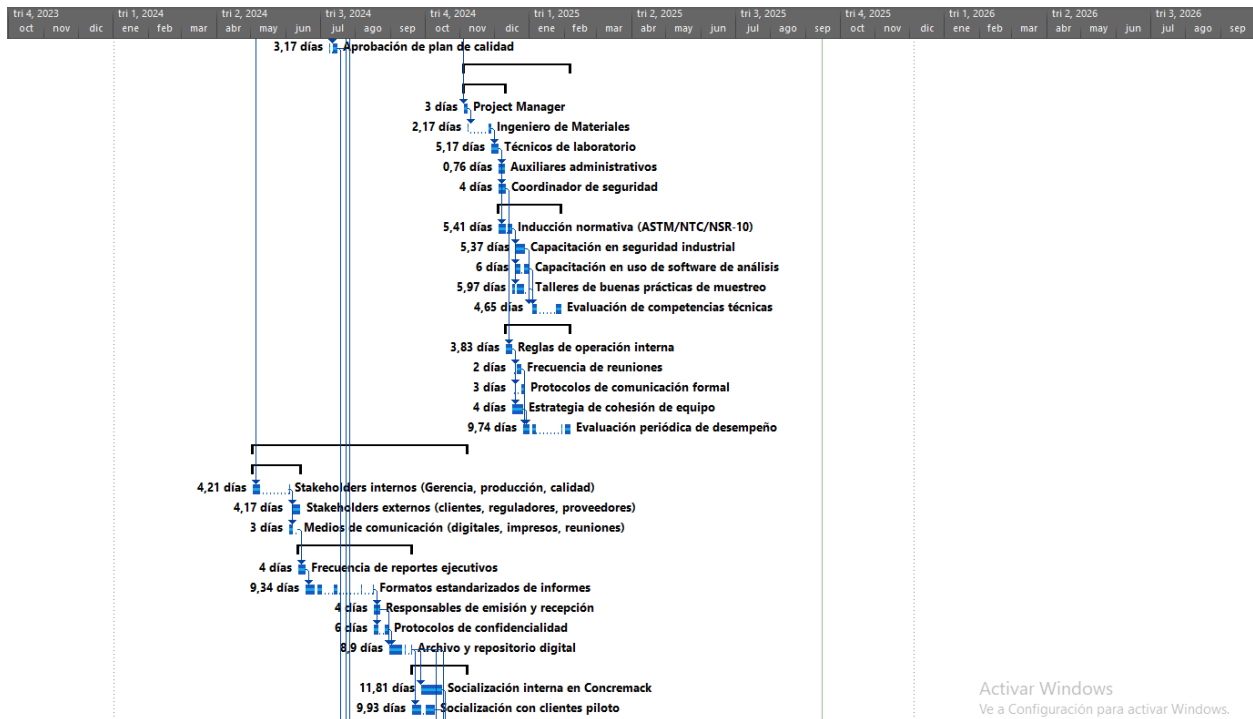
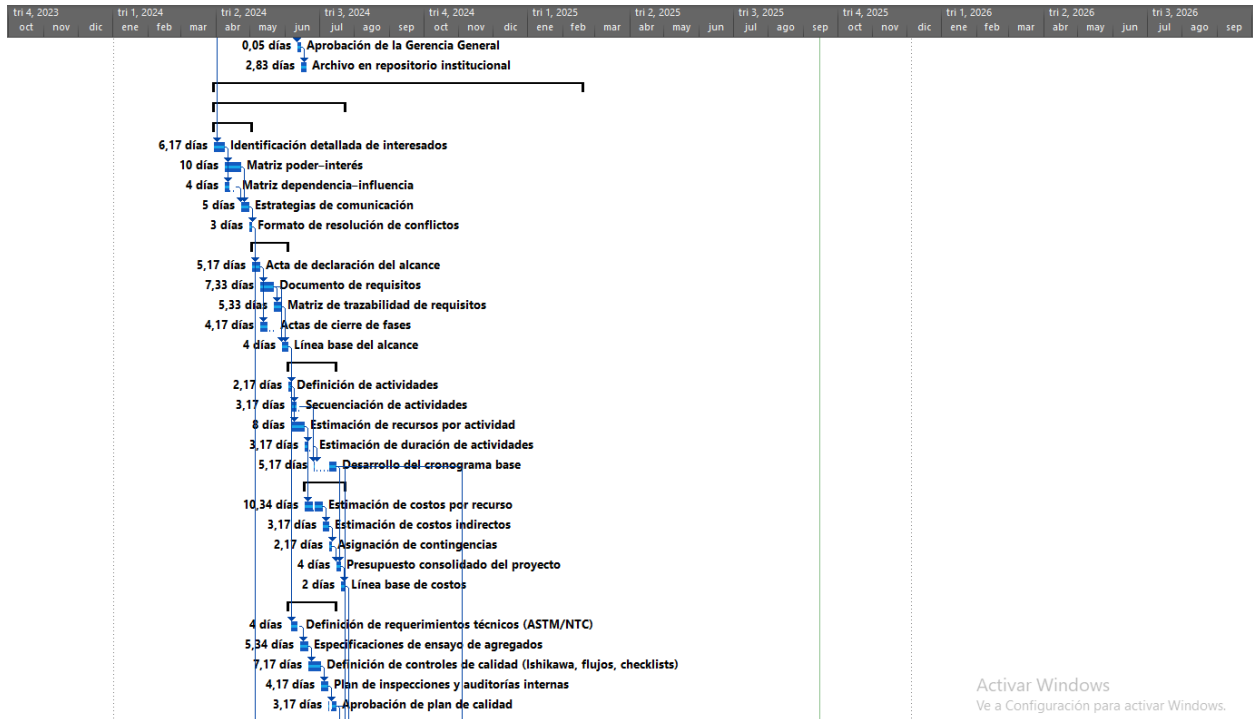
Anexo S. CAR-003-9976-24-AC-Consolidado Mensual_Marzo.

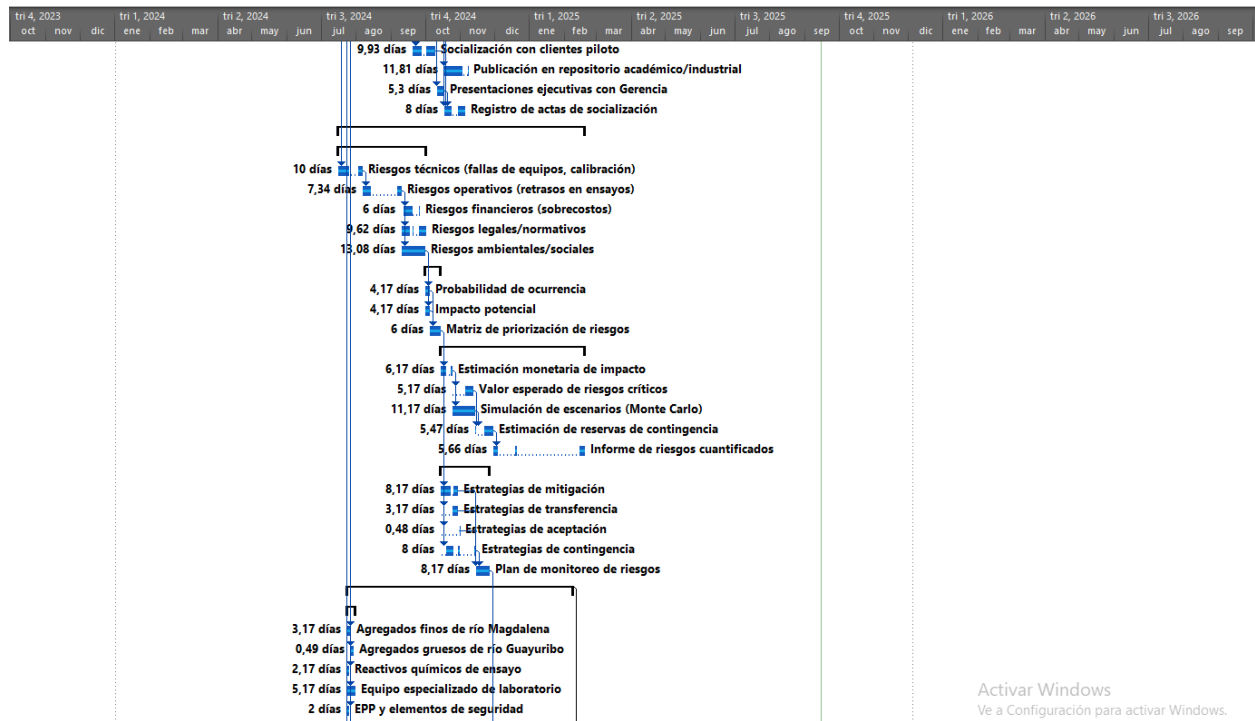
Anexo T. CAR-004-10124-24-AC-Consolidado Mensual_Abril.

8. Apéndices

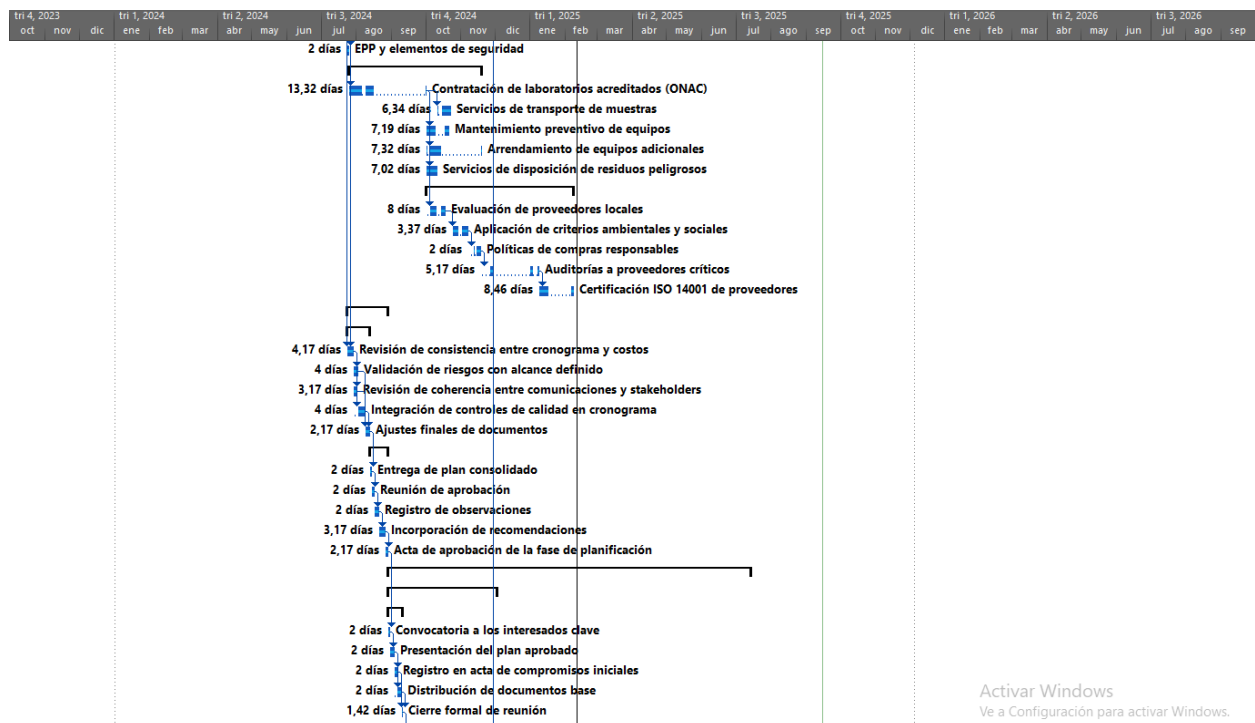
Apéndice A. LÍNEA BASE DE TIEMPO



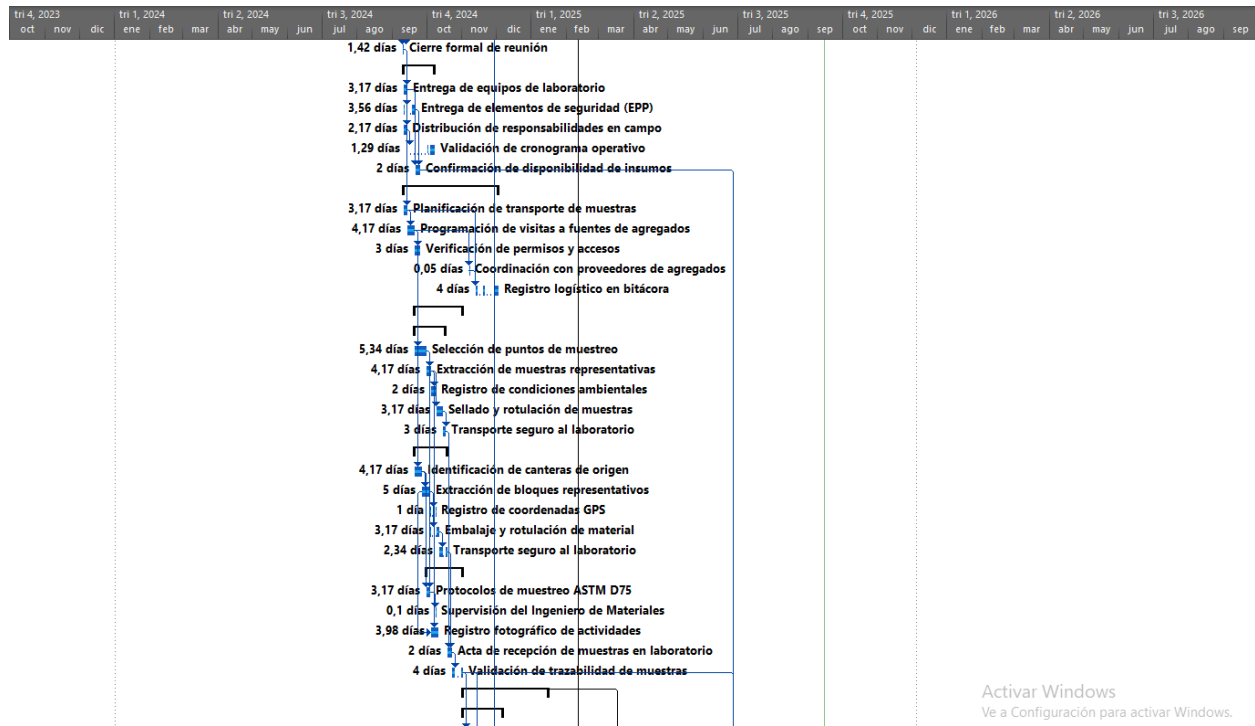




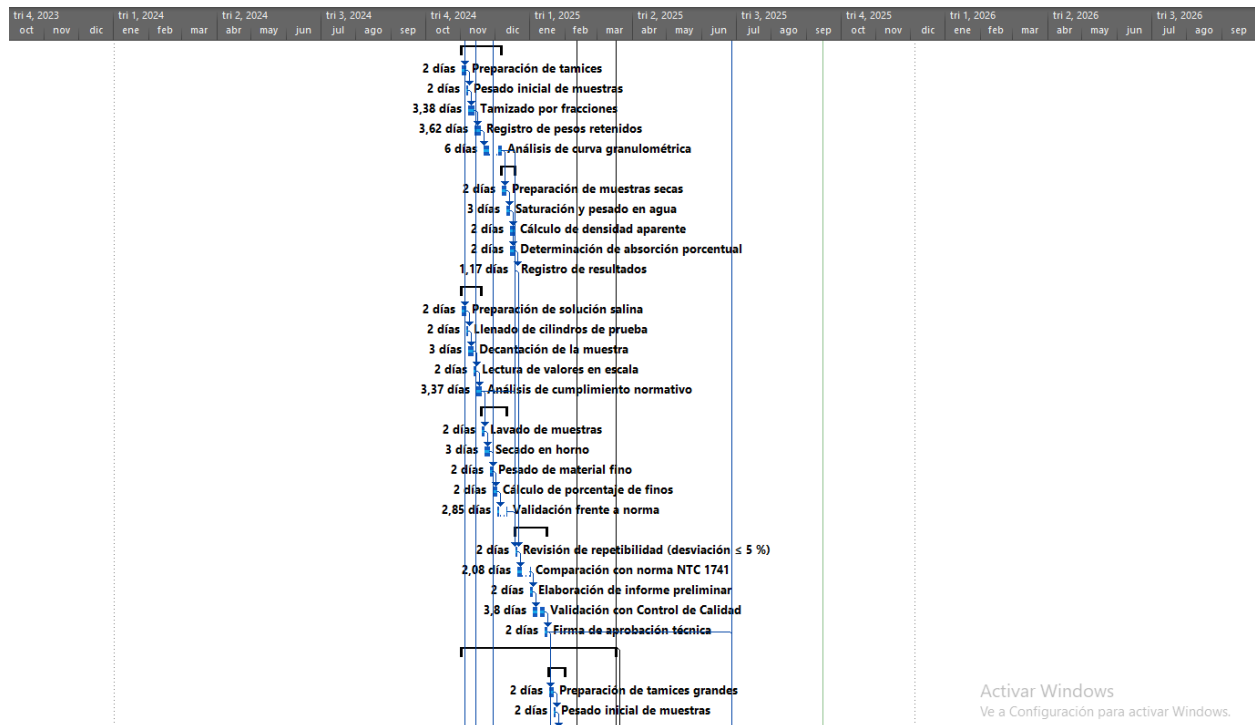
Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.



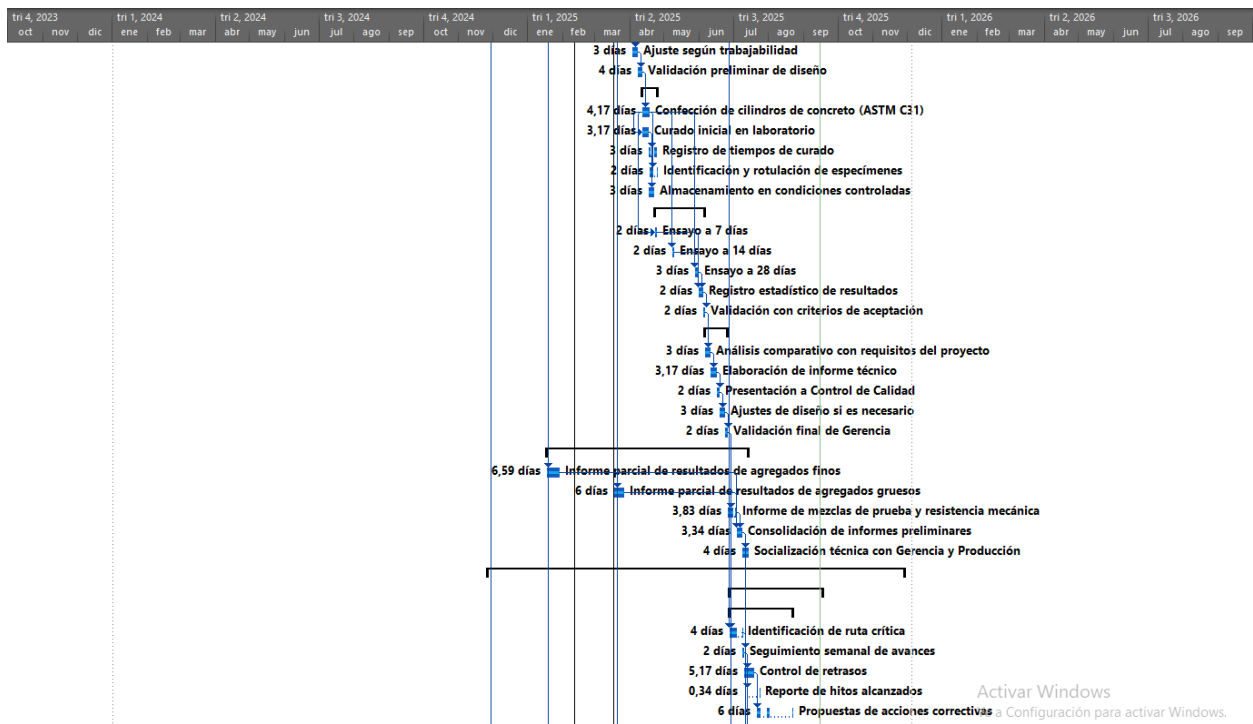
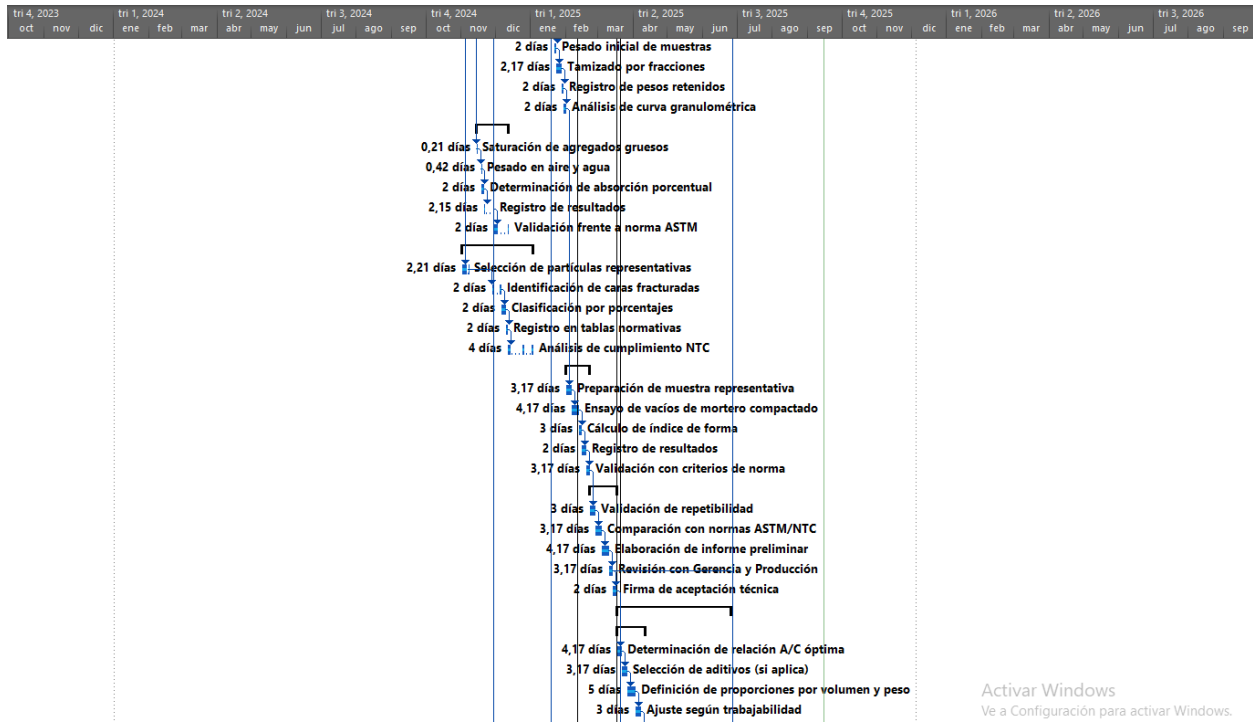
Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

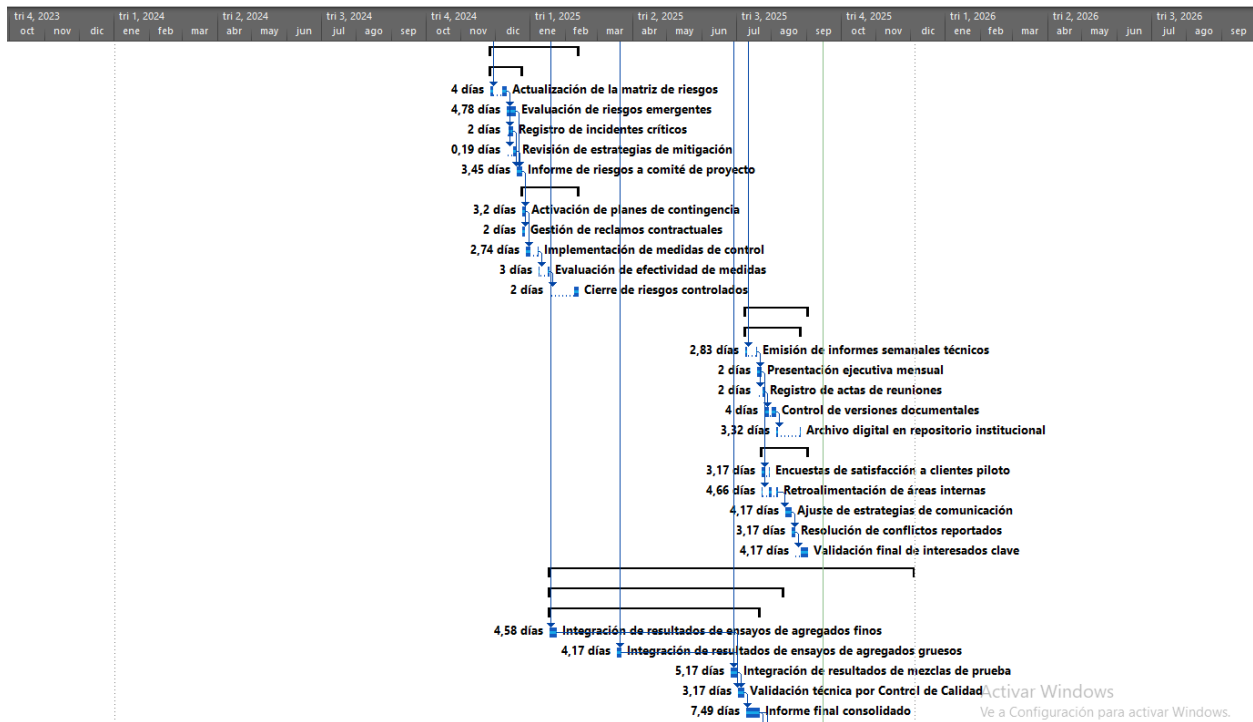
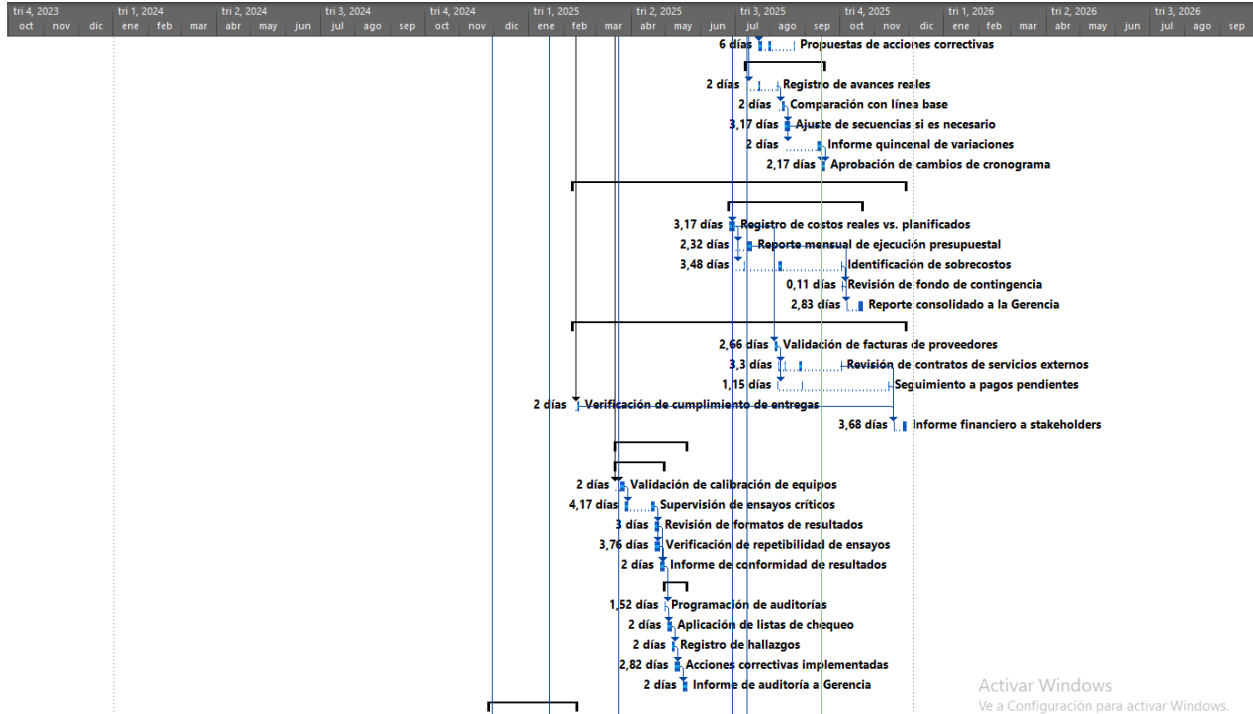


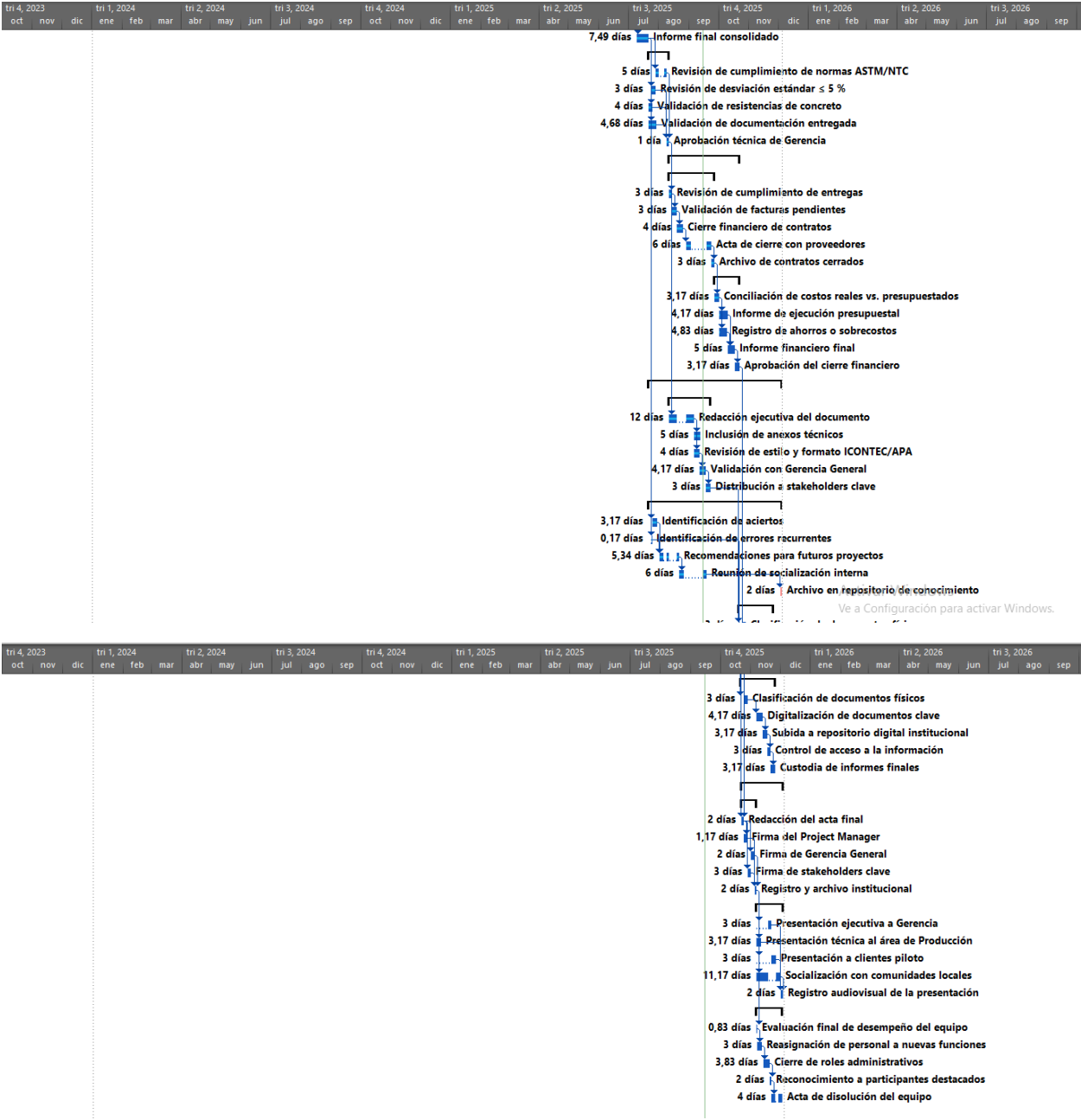
Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

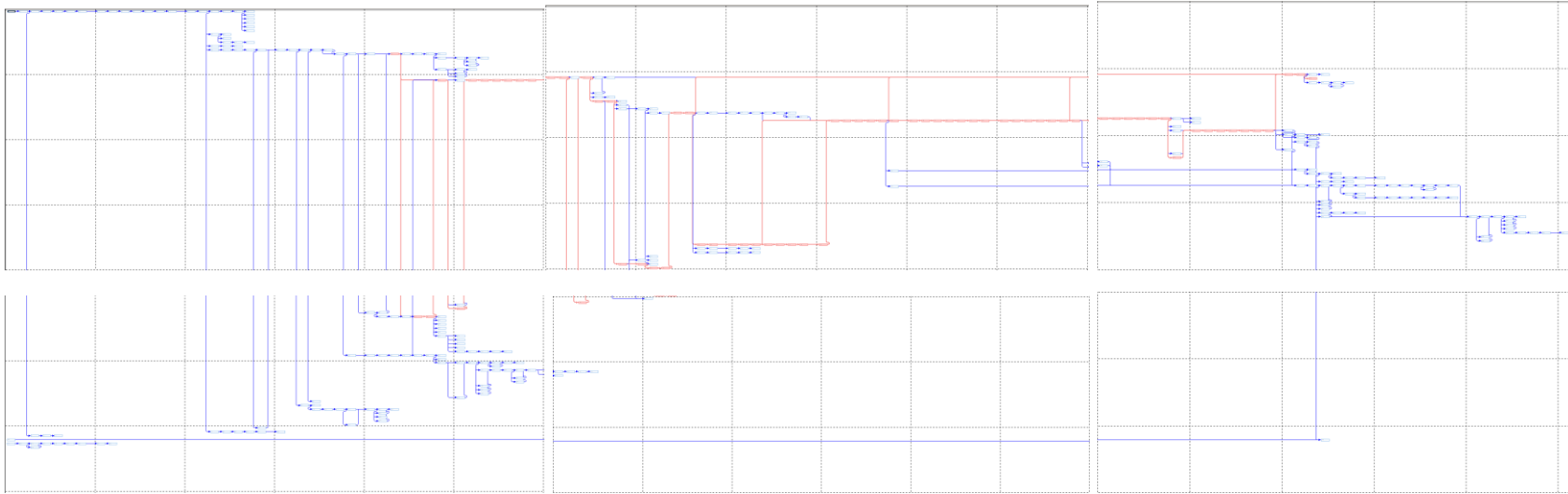


Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.







Apéndice B. DIAGRAMA DE RED

Apéndice C. CRONOGRAMA

EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1	➤ Evaluación de composición y morfología en agregados finos y gruesos para elaboración de concreto modular en Concremack S.A.S.	480,97 días	jue 1/02/24	jue 4/12/25	
1.1	➤ Inicio del Proyecto	99,58 días	jue 1/02/24	mié 19/06/24	
1.1.1	➤ Preparación inicial del proyecto	11,16 días	jue 1/02/24	vie 16/02/24	
1.1.1.1	➤ Nombramiento del Project Manager	4,49 días	jue 1/02/24	mié 7/02/24	
1.1.1.1.1	Selección del responsable por Gerencia	2,33 días	jue 1/02/24	lun 5/02/24	
1.1.1.1.2	Acta de designación del Project Manager	1,08 días	lun 5/02/24	mar 6/02/24	5
1.1.1.1.3	Notificación formal a stakeholders internos	1,08 días	mar 6/02/24	mié 7/02/24	6
1.1.1.2	➤ Conformación del equipo de trabajo	5,84 días	mar 6/02/24	mié 14/02/24	
1.1.1.2.1	Identificación de roles requeridos (técnicos, administrativos)	2,17 días	mar 6/02/24	jue 8/02/24	6
1.1.1.2.2	Asignación de responsabilidades preliminares	2 días	jue 8/02/24	lun 12/02/24	9
1.1.1.2.3	Validación de disponibilidad de personal	1,67 días	lun 12/02/24	mié 14/02/24	10
1.1.1.3	➤ Identificación de interesados preliminares	6,67 días	mié 7/02/24	vie 16/02/24	
1.1.1.3.1	Registro inicial de stakeholders internos	2,17 días	mié 7/02/24	vie 9/02/24	7
1.1.1.3.2	Registro inicial de stakeholders externos	2,33 días	vie 9/02/24	mar 13/02/24	13
1.1.1.3.3	Mapa preliminar de poder-interés	2,17 días	mar 13/02/24	vie 16/02/24	14
1.1.2	➤ Elaboración del Project Charter	17,74 días	vie 16/02/24	mar 12/03/24	
1.1.2.1	➤ Redacción del Acta de Constitución	10,67 días	vie 16/02/24	vie 1/03/24	
1.1.2.1.1	Definición de propósito y justificación	2 días	vie 16/02/24	mar 20/02/24	15
1.1.2.1.2	Identificación de objetivos generales y específicos	2,17 días	mar 20/02/24	jue 22/02/24	18
1.1.2.1.3	Establecimiento de alcance preliminar	3,33 días	jue 22/02/24	mar 27/02/24	19
1.1.2.1.4	Definición de cronograma y presupuesto estimado	3,17 días	mar 27/02/24	vie 1/03/24	20
1.1.2.2	➤ Revisión del borrador del Project Charter	4,16 días	vie 1/03/24	jue 7/03/24	
1.1.2.2.1	Socialización con Gerencia General	1,08 días	vie 1/03/24	lun 4/03/24	21
1.1.2.2.2	Ajustes según retroalimentación	2 días	lun 4/03/24	mié 6/03/24	23
1.1.2.2.3	Validación de los objetivos estratégicos	1,08 días	mié 6/03/24	jue 7/03/24	24
1.1.2.3	➤ Aprobación formal del Project Charter	2,91 días	jue 7/03/24	mar 12/03/24	
1.1.2.3.1	Firma del patrocinador del proyecto	1,08 días	jue 7/03/24	lun 11/03/24	25
1.1.2.3.2	Distribución del documento aprobado	1 día	lun 11/03/24	mar 12/03/24	27
1.1.2.3.3	Archivo en repositorio institucional	0,83 días	mar 12/03/24	mar 12/03/24	28
1.1.3	➤ Definición preliminar de alcance	33,34 días	mar 12/03/24	lun 29/04/24	
1.1.3.1	➤ Identificación de entregables iniciales	26,58 días	mar 12/03/24	jue 18/04/24	
1.1.3.1.1	Informe técnico de caracterización de agregados	9,5 días	mar 12/03/24	mar 2/04/24	29
1.1.3.1.2	Protocolos de muestreo y ensayo	3,33 días	mar 2/04/24	lun 8/04/24	32

1.1.3.1.3	Informe de validación normativa	3,5 días	lun 8/04/24	jue 18/04/24	33
1.1.3.2	✦ Establecimiento de criterios de aceptación iniciales	6,76 días	jue 18/04/24	lun 29/04/24	
1.1.3.2.1	Resistencia mínima del concreto modular	5,66 días	jue 18/04/24	vie 26/04/24	34
1.1.3.2.2	Límites granulométricos	2,17 días	jue 18/04/24	lun 22/04/24	34
1.1.3.2.3	Cumplimiento de desviación estándar $\leq 5\%$	5,01 días	jue 18/04/24	lun 29/04/24	34
1.1.3.3	✦ Registro de exclusiones iniciales	3,92 días	jue 18/04/24	mié 24/04/24	
1.1.3.3.1	Fuentes no autorizadas de agregados	1,08 días	jue 18/04/24	mié 24/04/24	34
1.1.3.3.2	Ensayos químicos no contemplados	0,89 días	jue 18/04/24	mar 23/04/24	34
1.1.3.3.3	Actividades de extracción y licenciamiento	0,54 días	jue 18/04/24	vie 19/04/24	34
1.1.4	✦ Aseguramiento de recursos iniciales	37,25 días	mar 12/03/24	vie 3/05/24	
1.1.4.1	✦ Identificación de necesidades de infraestructura	29,91 días	mar 12/03/24	mar 23/04/24	
1.1.4.1.1	Espacio de laboratorio	4 días	mar 12/03/24	lun 18/03/24	29
1.1.4.1.2	Equipos de tamizado y compactación	12,34 días	lun 18/03/24	mar 23/04/24	45
1.1.4.1.3	Software de análisis estadístico	5 días	lun 18/03/24	mar 23/04/24	45
1.1.4.2	✦ Estimación de recursos humanos iniciales	33,25 días	lun 18/03/24	vie 3/05/24	
1.1.4.2.1	Ingeniero de materiales	4,17 días	lun 18/03/24	mié 10/04/24	45
1.1.4.2.2	Técnicos de laboratorio	4 días	mié 10/04/24	mar 16/04/24	49
1.1.4.2.3	Auxiliares administrativos	3 días	mar 30/04/24	vie 3/05/24	50
1.1.4.3	✦ Estimación de recursos financieros iniciales	33,58 días	mar 12/03/24	lun 29/04/24	
1.1.4.3.1	Presupuesto de muestreo	5 días	mar 12/03/24	jue 4/04/24	29
1.1.4.3.2	Presupuesto de ensayos de laboratorio	9,32 días	jue 4/04/24	mar 23/04/24	53
1.1.4.3.3	Fondo de contingencia inicial	2,17 días	mar 23/04/24	lun 29/04/24	54
1.1.5	✦ Cierre de fase de inicio	70,68 días	mar 12/03/24	mié 19/06/24	
1.1.5.1	✦ Consolidación de entregables de inicio	12,51 días	mar 12/03/24	vie 29/03/24	
1.1.5.1.1	Project Charter aprobado	3,17 días	mar 12/03/24	lun 18/03/24	29
1.1.5.1.2	Acta de constitución registrada	4,17 días	lun 18/03/24	vie 22/03/24	58
1.1.5.1.3	Informe preliminar de interesados	5,17 días	vie 22/03/24	vie 29/03/24	59
1.1.5.2	✦ Revisión de cumplimiento de criterios de inicio	29,58 días	mar 12/03/24	mar 23/04/24	
1.1.5.2.1	Verificación de aprobación formal	2,17 días	mar 12/03/24	mar 19/03/24	29
1.1.5.2.2	Confirmación de disponibilidad de recursos	4 días	mar 19/03/24	lun 15/04/24	62
1.1.5.2.3	Validación del cronograma inicial	3,17 días	lun 15/04/24	mar 23/04/24	63
1.1.5.3	✦ Acta de cierre de inicio	41,1 días	mar 23/04/24	mié 19/06/24	
1.1.5.3.1	Redacción del acta de cierre de fase	2,17 días	mar 23/04/24	mar 30/04/24	64
1.1.5.3.2	Aprobación de la Gerencia General	0,05 días	mar 11/06/24	vie 14/06/24	66

1.1.5.3.3	Archivo en repositorio institucional	2,83 días	vie 14/06/24	mié 19/06/24	67
1.2	▄ Planificación del Proyecto	232,01 días	vie 29/03/24	mar 18/02/25	
1.2.1	▄ Desarrollo del Plan de Gestión del Proyecto	82,02 días	vie 29/03/24	mar 23/07/24	
1.2.1.1	▄ Plan de Gestión de Interesados	24,17 días	vie 29/03/24	jue 2/05/24	
1.2.1.1.1	Identificación detallada de interesados	6,17 días	vie 29/03/24	lun 8/04/24	60
1.2.1.1.2	Matriz poder–interés	10 días	lun 8/04/24	lun 22/04/24	72
1.2.1.1.3	Matriz dependencia–influencia	4 días	lun 8/04/24	jue 18/04/24	72
1.2.1.1.4	Estrategias de comunicación	5 días	lun 22/04/24	lun 29/04/24	73;74
1.2.1.1.5	Formato de resolución de conflictos	3 días	lun 29/04/24	jue 2/05/24	75
1.2.1.2	▄ Plan de Gestión del Alcance	21,83 días	jue 2/05/24	lun 3/06/24	
1.2.1.2.1	Acta de declaración del alcance	5,17 días	jue 2/05/24	jue 9/05/24	76
1.2.1.2.2	Documento de requisitos	7,33 días	jue 9/05/24	mar 21/05/24	78
1.2.1.2.3	Matriz de trazabilidad de requisitos	5,33 días	mar 21/05/24	mar 28/05/24	79
1.2.1.2.4	Actas de cierre de fases	4,17 días	jue 9/05/24	mié 22/05/24	78
1.2.1.2.5	Línea base del alcance	4 días	mar 28/05/24	lun 3/06/24	79;80
1.2.1.3	▄ Plan de Gestión del Cronograma	30,02 días	lun 3/06/24	lun 15/07/24	
1.2.1.3.1	Definición de actividades	2,17 días	lun 3/06/24	mié 5/06/24	82
1.2.1.3.2	Secuenciación de actividades	3,17 días	mié 5/06/24	jue 13/06/24	84
1.2.1.3.3	Estimación de recursos por actividad	8 días	mié 5/06/24	lun 17/06/24	84
1.2.1.3.4	Estimación de duración de actividades	3,17 días	lun 17/06/24	mar 25/06/24	86
1.2.1.3.5	Desarrollo del cronograma base	5,17 días	mar 25/06/24	lun 15/07/24	85;87
1.2.1.4	▄ Plan de Gestión de Costos	25,85 días	lun 17/06/24	mar 23/07/24	
1.2.1.4.1	Estimación de costos por recurso	10,34 días	lun 17/06/24	mié 3/07/24	86
1.2.1.4.2	Estimación de costos indirectos	3,17 días	mié 3/07/24	mar 9/07/24	90
1.2.1.4.3	Asignación de contingencias	2,17 días	mar 9/07/24	jue 11/07/24	91
1.2.1.4.4	Presupuesto consolidado del proyecto	4 días	lun 15/07/24	vie 19/07/24	88;92
1.2.1.4.5	Línea base de costos	2 días	vie 19/07/24	mar 23/07/24	93
1.2.1.5	▄ Plan de Gestión de Calidad	30,02 días	lun 3/06/24	lun 15/07/24	
1.2.1.5.1	Definición de requerimientos técnicos (ASTM/NTC)	4 días	lun 3/06/24	jue 13/06/24	82
1.2.1.5.2	Especificaciones de ensayo de agregados	5,34 días	jue 13/06/24	jue 20/06/24	96
1.2.1.5.3	Definición de controles de calidad (Ishikawa, flujos, checklists)	7,17 días	jue 20/06/24	lun 1/07/24	97
1.2.1.5.4	Plan de inspecciones y auditorías internas	4,17 días	lun 1/07/24	lun 8/07/24	98
1.2.1.5.5	Aprobación de plan de calidad	3,17 días	lun 8/07/24	lun 15/07/24	99

1.2.2	Plan de Gestión de Recursos Humanos	67,71 días	lun 4/11/24	mié 5/02/25	
1.2.2.1	Identificación de roles y responsabilidades	26,75 días	lun 4/11/24	mar 10/12/24	
1.2.2.1.1	Project Manager	3 días	lun 4/11/24	mié 6/11/24	88
1.2.2.1.2	Ingeniero de Materiales	2,17 días	jue 7/11/24	mié 27/11/24	103
1.2.2.1.3	Técnicos de laboratorio	5,17 días	mié 27/11/24	mié 4/12/24	104
1.2.2.1.4	Auxiliares administrativos	0,76 días	mié 4/12/24	lun 9/12/24	105
1.2.2.1.5	Coordinador de seguridad	4 días	mié 4/12/24	mar 10/12/24	105
1.2.2.2	Plan de capacitación del personal	39,08 días	mié 4/12/24	mar 28/01/25	
1.2.2.2.1	Inducción normativa (ASTM/NTC/NSR-10)	5,41 días	mié 4/12/24	lun 16/12/24	105
1.2.2.2.2	Capacitación en seguridad industrial	5,37 días	jue 19/12/24	vie 27/12/24	109
1.2.2.2.3	Capacitación en uso de software de análisis	6 días	mié 18/12/24	mar 31/12/24	109
1.2.2.2.4	Talleres de buenas prácticas de muestreo	5,97 días	lun 16/12/24	mar 31/12/24	109
1.2.2.2.5	Evaluación de competencias técnicas	4,65 días	mar 31/12/24	mar 28/01/25	110;111;112
1.2.2.3	Plan de gestión de equipos de trabajo	40,96 días	mar 10/12/24	mié 5/02/25	
1.2.2.3.1	Reglas de operación interna	3,83 días	mar 10/12/24	lun 16/12/24	107
1.2.2.3.2	Frecuencia de reuniones	2 días	lun 16/12/24	mar 24/12/24	115
1.2.2.3.3	Protocolos de comunicación formal	3 días	lun 16/12/24	vie 27/12/24	115
1.2.2.3.4	Estrategia de cohesión de equipo	4 días	lun 16/12/24	mié 25/12/24	115
1.2.2.3.5	Evaluación periódica de desempeño	9,74 días	mié 25/12/24	mié 5/02/25	116;118
1.2.3	Plan de Gestión de Comunicaciones	134,59 días	jue 2/05/24	jue 7/11/24	
1.2.3.1	Identificación de necesidades de comunicación	30,21 días	jue 2/05/24	jue 13/06/24	
1.2.3.1.1	Stakeholders internos (Gerencia, producción, calidad)	4,21 días	jue 2/05/24	lun 3/06/24	76
1.2.3.1.2	Stakeholders externos (clientes, reguladores, proveedores)	4,17 días	lun 3/06/24	jue 13/06/24	122
1.2.3.1.3	Medios de comunicación (digitales, impresos, reuniones)	3 días	lun 3/06/24	mar 11/06/24	122
1.2.3.2	Matriz de comunicaciones	71,91 días	mar 11/06/24	jue 19/09/24	
1.2.3.2.1	Frecuencia de reportes ejecutivos	4 días	mar 11/06/24	lun 17/06/24	124
1.2.3.2.2	Formatos estandarizados de informes	9,34 días	lun 17/06/24	vie 16/08/24	126
1.2.3.2.3	Responsables de emisión y recepción	4 días	vie 16/08/24	jue 22/08/24	127
1.2.3.2.4	Protocolos de confidencialidad	6 días	vie 16/08/24	jue 29/08/24	127
1.2.3.2.5	Archivo y repositorio digital	8,9 días	vie 30/08/24	jue 19/09/24	128;129
1.2.3.3	Estrategia de socialización de resultados	34,81 días	jue 19/09/24	jue 7/11/24	
1.2.3.3.1	Socialización interna en Concremack	11,81 días	vie 27/09/24	mar 15/10/24	130
1.2.3.3.2	Socialización con clientes piloto	9,93 días	jue 19/09/24	mié 9/10/24	130

1.2.3.3.3	Publicación en repositorio académico/industrial	11,81 días	jue 17/10/24	jue 7/11/24	130
1.2.3.3.4	Presentaciones ejecutivas con Gerencia	5,3 días	jue 10/10/24	jue 17/10/24	130
1.2.3.3.5	Registro de actas de socialización	8 días	jue 17/10/24	lun 4/11/24	132;133;135
1.2.4	Plan de Gestión de Riesgos	155,99 días	lun 15/07/24	mar 18/02/25	
1.2.4.1	Identificación de riesgos	55,98 días	lun 15/07/24	mar 1/10/24	
1.2.4.1.1	Riesgos técnicos (fallas de equipos, calibración)	10 días	lun 15/07/24	mar 6/08/24	100
1.2.4.1.2	Riesgos operativos (retrasos en ensayos)	7,34 días	mar 6/08/24	lun 9/09/24	139
1.2.4.1.3	Riesgos financieros (sobrecostos)	6 días	lun 9/09/24	mié 25/09/24	140
1.2.4.1.4	Riesgos legales/normativos	9,62 días	lun 9/09/24	mar 1/10/24	140
1.2.4.1.5	Riesgos ambientales/sociales	13,08 días	lun 9/09/24	lun 30/09/24	140
1.2.4.2	Análisis cualitativo de riesgos	10,17 días	lun 30/09/24	lun 14/10/24	
1.2.4.2.1	Probabilidad de ocurrencia	4,17 días	lun 30/09/24	vie 4/10/24	143
1.2.4.2.2	Impacto potencial	4,17 días	lun 30/09/24	vie 4/10/24	143
1.2.4.2.3	Matriz de priorización de riesgos	6 días	vie 4/10/24	lun 14/10/24	145;146
1.2.4.3	Análisis cuantitativo de riesgos	91,04 días	lun 14/10/24	mar 18/02/25	
1.2.4.3.1	Estimación monetaria de impacto	6,17 días	lun 14/10/24	jue 24/10/24	147
1.2.4.3.2	Valor esperado de riesgos críticos	5,17 días	jue 24/10/24	lun 11/11/24	149
1.2.4.3.3	Simulación de escenarios (Monte Carlo)	11,17 días	jue 24/10/24	mié 13/11/24	149
1.2.4.3.4	Estimación de reservas de contingencia	5,47 días	mié 13/11/24	vie 29/11/24	150;151
1.2.4.3.5	Informe de riesgos cuantificados	5,66 días	vie 29/11/24	mar 18/02/25	152
1.2.4.4	Plan de respuesta a riesgos	31,19 días	lun 14/10/24	mar 26/11/24	
1.2.4.4.1	Estrategias de mitigación	8,17 días	lun 14/10/24	mar 29/10/24	147
1.2.4.4.2	Estrategias de transferencia	3,17 días	lun 14/10/24	mar 29/10/24	147
1.2.4.4.3	Estrategias de aceptación	0,48 días	lun 14/10/24	jue 31/10/24	147
1.2.4.4.4	Estrategias de contingencia	8 días	lun 14/10/24	jue 14/11/24	147
1.2.4.4.5	Plan de monitoreo de riesgos	8,17 días	jue 14/11/24	mar 26/11/24	155;156;157;158
1.2.5	Plan de Gestión de Adquisiciones	143,41 días	mar 23/07/24	vie 7/02/25	
1.2.5.1	Identificación de insumos requeridos	5,17 días	mar 23/07/24	mar 30/07/24	
1.2.5.1.1	Agregados finos de río Magdalena	3,17 días	mar 23/07/24	vie 26/07/24	94
1.2.5.1.2	Agregados gruesos de río Guayuribo	0,49 días	vie 26/07/24	lun 29/07/24	94
1.2.5.1.3	Reactivos químicos de ensayo	2,17 días	mar 23/07/24	jue 25/07/24	94
1.2.5.1.4	Equipo especializado de laboratorio	5,17 días	mar 23/07/24	mar 30/07/24	94
1.2.5.1.5	EPP y elementos de seguridad	2 días	mar 23/07/24	jue 25/07/24	94

1.2.5.2	✦ Estrategia de contratación de servicios externos	82,87 días	jue 25/07/24	mar 19/11/24	
1.2.5.2.1	Contratación de laboratorios acreditados (ONAC)	13,32 días	jue 25/07/24	mar 1/10/24	94
1.2.5.2.2	Servicios de transporte de muestras	6,34 días	jue 10/10/24	mié 23/10/24	168
1.2.5.2.3	Mantenimiento preventivo de equipos	7,19 días	mar 1/10/24	lun 21/10/24	168
1.2.5.2.4	Arrendamiento de equipos adicionales	7,32 días	mar 1/10/24	mar 19/11/24	168
1.2.5.2.5	Servicios de disposición de residuos peligrosos	7,02 días	mar 1/10/24	jue 10/10/24	168
1.2.5.3	✦ Plan de adquisiciones sostenible	93,31 días	mar 1/10/24	vie 7/02/25	
1.2.5.3.1	Evaluación de proveedores locales	8 días	mar 1/10/24	vie 18/10/24	168
1.2.5.3.2	Aplicación de criterios ambientales y sociales	3,37 días	jue 24/10/24	jue 7/11/24	174
1.2.5.3.3	Políticas de compras responsables	2 días	jue 7/11/24	lun 18/11/24	175
1.2.5.3.4	Auditorías a proveedores críticos	5,17 días	lun 18/11/24	mié 8/01/25	176
1.2.5.3.5	Certificación ISO 14001 de proveedores	8,46 días	mié 8/01/25	vie 7/02/25	177
1.2.6	✦ Consolidación y aprobación de la Planificación	25,85 días	mar 23/07/24	mié 28/08/24	
1.2.6.1	✦ Validación cruzada de planes de gestión	14,51 días	mar 23/07/24	lun 12/08/24	
1.2.6.1.1	Revisión de consistencia entre cronograma y costos	4,17 días	mar 23/07/24	lun 29/07/24	88;94;100
1.2.6.1.2	Validación de riesgos con alcance definido	4 días	lun 29/07/24	vie 2/08/24	181
1.2.6.1.3	Revisión de coherencia entre comunicaciones y stakeholders	3,17 días	lun 29/07/24	jue 1/08/24	181
1.2.6.1.4	Integración de controles de calidad en cronograma	4 días	lun 29/07/24	jue 8/08/24	181
1.2.6.1.5	Ajustes finales de documentos	2,17 días	jue 8/08/24	lun 12/08/24	182;183;184
1.2.6.2	✦ Presentación a la Gerencia General	11,34 días	lun 12/08/24	mié 28/08/24	
1.2.6.2.1	Entrega de plan consolidado	2 días	lun 12/08/24	mié 14/08/24	185
1.2.6.2.2	Reunión de aprobación	2 días	mié 14/08/24	vie 16/08/24	187
1.2.6.2.3	Registro de observaciones	2 días	vie 16/08/24	mar 20/08/24	188
1.2.6.2.4	Incorporación de recomendaciones	3,17 días	mar 20/08/24	lun 26/08/24	189
1.2.6.2.5	Acta de aprobación de la fase de planificación	2,17 días	lun 26/08/24	mié 28/08/24	190
1.3	✦ Ejecución del Proyecto	228,08 días	mié 28/08/24	lun 14/07/25	
1.3.1	✦ Preparación para la ejecución	68,12 días	mié 28/08/24	lun 2/12/24	
1.3.1.1	✦ Reunión de inicio de la ejecución (Kick-off)	9,42 días	mié 28/08/24	mar 10/09/24	
1.3.1.1.1	Convocatoria a los interesados clave	2 días	mié 28/08/24	vie 30/08/24	191
1.3.1.1.2	Presentación del plan aprobado	2 días	vie 30/08/24	mar 3/09/24	195
1.3.1.1.3	Registro en acta de compromisos iniciales	2 días	mar 3/09/24	jue 5/09/24	196
1.3.1.1.4	Distribución de documentos base	2 días	mar 3/09/24	lun 9/09/24	196
1.3.1.1.5	Cierre formal de reunión	1,42 días	lun 9/09/24	mar 10/09/24	197;198

1.3.1.2	▄ Asignación de recursos físicos y humanos	19,17 días	mar 10/09/24	lun 7/10/24	
1.3.1.2.1	Entrega de equipos de laboratorio	3,17 días	mar 10/09/24	vie 13/09/24	199
1.3.1.2.2	Entrega de elementos de seguridad (EPP)	3,56 días	mar 10/09/24	vie 20/09/24	199
1.3.1.2.3	Distribución de responsabilidades en campo	2,17 días	mar 10/09/24	jue 12/09/24	199
1.3.1.2.4	Validación de cronograma operativo	1,29 días	jue 12/09/24	lun 7/10/24	203
1.3.1.2.5	Confirmación de disponibilidad de insumos	2 días	vie 20/09/24	mar 24/09/24	201;202
1.3.1.3	▄ Aseguramiento logístico	58,7 días	mar 10/09/24	lun 2/12/24	
1.3.1.3.1	Planificación de transporte de muestras	3,17 días	mar 10/09/24	vie 13/09/24	199
1.3.1.3.2	Programación de visitas a fuentes de agregados	4,17 días	vie 13/09/24	vie 20/09/24	207
1.3.1.3.3	Verificación de permisos y accesos	3 días	vie 20/09/24	mié 25/09/24	208
1.3.1.3.4	Coordinación con proveedores de agregados	0,05 días	jue 7/11/24	jue 7/11/24	208
1.3.1.3.5	Registro logístico en bitácora	4 días	mar 12/11/24	lun 2/12/24	207;210
1.3.2	▄ Muestreo de agregados	29,99 días	vie 20/09/24	vie 1/11/24	
1.3.2.1	▄ Recolección de agregados finos – Río Magdalena	19,51 días	vie 20/09/24	jue 17/10/24	
1.3.2.1.1	Selección de puntos de muestreo	5,34 días	vie 20/09/24	lun 30/09/24	208
1.3.2.1.2	Extracción de muestras representativas	4,17 días	lun 30/09/24	vie 4/10/24	214
1.3.2.1.3	Registro de condiciones ambientales	2 días	vie 4/10/24	mar 8/10/24	215
1.3.2.1.4	Sellado y rotulación de muestras	3,17 días	mié 9/10/24	lun 14/10/24	215
1.3.2.1.5	Transporte seguro al laboratorio	3 días	lun 14/10/24	jue 17/10/24	217
1.3.2.2	▄ Recolección de agregados gruesos – Río Guayuribo	20,51 días	vie 20/09/24	vie 18/10/24	
1.3.2.2.1	Identificación de canteras de origen	4,17 días	vie 20/09/24	jue 26/09/24	208
1.3.2.2.2	Extracción de bloques representativos	5 días	jue 26/09/24	jue 3/10/24	220
1.3.2.2.3	Registro de coordenadas GPS	1 día	jue 3/10/24	mar 8/10/24	221
1.3.2.2.4	Embalaje y rotulación de material	3,17 días	jue 3/10/24	vie 11/10/24	221
1.3.2.2.5	Transporte seguro al laboratorio	2,34 días	vie 11/10/24	vie 18/10/24	223
1.3.2.3	▄ Control de calidad en muestreo	23,65 días	lun 30/09/24	vie 1/11/24	
1.3.2.3.1	Protocolos de muestreo ASTM D75	3,17 días	lun 30/09/24	jue 3/10/24	214;220
1.3.2.3.2	Supervisión del Ingeniero de Materiales	0,1 días	mar 8/10/24	mar 8/10/24	226
1.3.2.3.3	Registro fotográfico de actividades	3,98 días	vie 4/10/24	jue 10/10/24	215;221CC
1.3.2.3.4	Acta de recepción de muestras en laboratorio	2 días	vie 18/10/24	mar 22/10/24	218;224
1.3.2.3.5	Validación de trazabilidad de muestras	4 días	mar 22/10/24	vie 1/11/24	229
1.3.3	▄ Ensayos de laboratorio en agregados finos	53,53 días	vie 1/11/24	mié 15/01/25	
1.3.3.1	▄ Ensayos de granulometría (ASTM C136)	25,71 días	vie 1/11/24	vie 6/12/24	

1.3.3.1.1	Preparación de tamices	2 días	vie 1/11/24	mar 5/11/24	230
1.3.3.1.2	Pesado inicial de muestras	2 días	mar 5/11/24	jue 7/11/24	233
1.3.3.1.3	Tamizado por fracciones	3,38 días	jue 7/11/24	mar 12/11/24	234
1.3.3.1.4	Registro de pesos retenidos	3,62 días	mar 12/11/24	lun 18/11/24	235
1.3.3.1.5	Análisis de curva granulométrica	6 días	mié 20/11/24	vie 6/12/24	236
1.3.3.2	✦ Ensayos de densidad y absorción (ASTM C128)	8,17 días	vie 6/12/24	mié 18/12/24	
1.3.3.2.1	Preparación de muestras secas	2 días	vie 6/12/24	mar 10/12/24	237
1.3.3.2.2	Saturación y pesado en agua	3 días	mar 10/12/24	vie 13/12/24	239
1.3.3.2.3	Cálculo de densidad aparente	2 días	vie 13/12/24	mar 17/12/24	240
1.3.3.2.4	Determinación de absorción porcentual	2 días	vie 13/12/24	mar 17/12/24	240
1.3.3.2.5	Registro de resultados	1,17 días	mar 17/12/24	mié 18/12/24	242
1.3.3.3	✦ Ensayo de equivalente de arena (ASTM D2419)	12,37 días	vie 1/11/24	mar 19/11/24	
1.3.3.3.1	Preparación de solución salina	2 días	vie 1/11/24	mar 5/11/24	230
1.3.3.3.2	Llenado de cilindros de prueba	2 días	mar 5/11/24	jue 7/11/24	245
1.3.3.3.3	Decantación de la muestra	3 días	jue 7/11/24	mar 12/11/24	246
1.3.3.3.4	Lectura de valores en escala	2 días	mar 12/11/24	jue 14/11/24	247
1.3.3.3.5	Análisis de cumplimiento normativo	3,37 días	jue 14/11/24	mar 19/11/24	248
1.3.3.4	✦ Ensayo de material fino que pasa el tamiz #200 (ASTM C117)	16,19 días	mar 19/11/24	mié 11/12/24	
1.3.3.4.1	Lavado de muestras	2 días	mar 19/11/24	jue 21/11/24	249
1.3.3.4.2	Secado en horno	3 días	jue 21/11/24	mar 26/11/24	251
1.3.3.4.3	Pesado de material fino	2 días	mar 26/11/24	jue 28/11/24	252
1.3.3.4.4	Cálculo de porcentaje de finos	2 días	jue 28/11/24	lun 2/12/24	253
1.3.3.4.5	Validación frente a norma	2,85 días	lun 2/12/24	mié 11/12/24	254
1.3.3.5	✦ Consolidación de resultados de ensayos en finos	19,65 días	mié 18/12/24	mié 15/01/25	
1.3.3.5.1	Revisión de repetibilidad (desviación $\leq 5\%$)	2 días	mié 18/12/24	vie 20/12/24	237;243;249;255
1.3.3.5.2	Comparación con norma NTC 1741	2,08 días	vie 20/12/24	mar 31/12/24	257
1.3.3.5.3	Elaboración de informe preliminar	2 días	mar 31/12/24	jue 2/01/25	258
1.3.3.5.4	Validación con Control de Calidad	3,8 días	jue 2/01/25	lun 13/01/25	259
1.3.3.5.5	Firma de aprobación técnica	2 días	lun 13/01/25	mié 15/01/25	260
1.3.4	✦ Ensayos de laboratorio en agregados gruesos	96,31 días	vie 1/11/24	lun 17/03/25	
1.3.4.1	✦ Ensayos de granulometría (ASTM C136)	10,17 días	vie 17/01/25	vie 31/01/25	
1.3.4.1.1	Preparación de tamices grandes	2 días	vie 17/01/25	mar 21/01/25	261
1.3.4.1.2	Pesado inicial de muestras	2 días	mar 21/01/25	jue 23/01/25	264

1.3.4.1.3	Tamizado por fracciones	2,17 días	jue 23/01/25	lun 27/01/25	265
1.3.4.1.4	Registro de pesos retenidos	2 días	lun 27/01/25	mié 29/01/25	266
1.3.4.1.5	Análisis de curva granulométrica	2 días	mié 29/01/25	vie 31/01/25	267
1.3.4.2	✦ Ensayos de densidad y absorción (ASTM C127)	20,72 días	jue 14/11/24	jue 12/12/24	
1.3.4.2.1	Saturación de agregados gruesos	0,21 días	jue 14/11/24	jue 14/11/24	230
1.3.4.2.2	Pesado en aire y agua	0,42 días	lun 18/11/24	lun 18/11/24	270
1.3.4.2.3	Determinación de absorción porcentual	2 días	lun 18/11/24	mié 20/11/24	271
1.3.4.2.4	Registro de resultados	2,15 días	mié 20/11/24	vie 29/11/24	272
1.3.4.2.5	Validación frente a norma ASTM	2 días	vie 29/11/24	jue 12/12/24	273
1.3.4.3	✦ Ensayo de partículas fracturadas (ASTM D5821)	44,8 días	vie 1/11/24	jue 2/01/25	
1.3.4.3.1	Selección de partículas representativas	2,21 días	vie 1/11/24	jue 7/11/24	230
1.3.4.3.2	Identificación de caras fracturadas	2 días	mié 27/11/24	jue 5/12/24	276
1.3.4.3.3	Clasificación por porcentajes	2 días	jue 5/12/24	lun 9/12/24	277
1.3.4.3.4	Registro en tablas normativas	2 días	lun 9/12/24	mié 11/12/24	278
1.3.4.3.5	Análisis de cumplimiento NTC	4 días	mié 11/12/24	jue 2/01/25	279
1.3.4.4	✦ Ensayo de forma y angularidad (ASTM D3398)	15,51 días	vie 31/01/25	vie 21/02/25	
1.3.4.4.1	Preparación de muestra representativa	3,17 días	vie 31/01/25	mié 5/02/25	268
1.3.4.4.2	Ensayo de vacíos de mortero compactado	4,17 días	mié 5/02/25	mar 11/02/25	282
1.3.4.4.3	Cálculo de índice de forma	3 días	mar 11/02/25	vie 14/02/25	283
1.3.4.4.4	Registro de resultados	2 días	vie 14/02/25	mar 18/02/25	284
1.3.4.4.5	Validación con criterios de norma	3,17 días	mar 18/02/25	vie 21/02/25	285
1.3.4.5	✦ Consolidación de resultados de ensayos en gruesos	15,51 días	vie 21/02/25	lun 17/03/25	
1.3.4.5.1	Validación de repetibilidad	3 días	vie 21/02/25	mié 26/02/25	286
1.3.4.5.2	Comparación con normas ASTM/NTC	3,17 días	mié 26/02/25	lun 3/03/25	288
1.3.4.5.3	Elaboración de informe preliminar	4,17 días	mar 4/03/25	lun 10/03/25	289
1.3.4.5.4	Revisión con Gerencia y Producción	3,17 días	lun 10/03/25	jue 13/03/25	290
1.3.4.5.5	Firma de aceptación técnica	2 días	jue 13/03/25	lun 17/03/25	291
1.3.5	✦ Elaboración de mezclas de prueba de concreto modular	71,68 días	lun 17/03/25	mié 25/06/25	
1.3.5.1	✦ Diseño de mezclas según ACI 211	19,34 días	lun 17/03/25	vie 11/04/25	
1.3.5.1.1	Determinación de relación A/C óptima	4,17 días	lun 17/03/25	vie 21/03/25	292
1.3.5.1.2	Selección de aditivos (si aplica)	3,17 días	vie 21/03/25	mié 26/03/25	295
1.3.5.1.3	Definición de proporciones por volumen y peso	5 días	mié 26/03/25	mié 2/04/25	296
1.3.5.1.4	Ajuste según trabajabilidad	3 días	mié 2/04/25	lun 7/04/25	297

1.3.5.1.5	Validación preliminar de diseño	4 días	lun 7/04/25	vie 11/04/25	298
1.3.5.2	▀ Preparación de especímenes de prueba	9,34 días	vie 11/04/25	vie 25/04/25	
1.3.5.2.1	Confección de cilindros de concreto (ASTM C31)	4,17 días	vie 11/04/25	jue 17/04/25	299
1.3.5.2.2	Curado inicial en laboratorio	3,17 días	vie 11/04/25	mié 16/04/25	301CC
1.3.5.2.3	Registro de tiempos de curado	3 días	mié 16/04/25	jue 24/04/25	302
1.3.5.2.4	Identificación y rotulación de especímenes	2 días	jue 17/04/25	vie 25/04/25	301
1.3.5.2.5	Almacenamiento en condiciones controladas	3 días	mié 16/04/25	lun 21/04/25	302
1.3.5.3	▀ Ensayos de resistencia a compresión (ASTM C39)	32,17 días	mar 22/04/25	jue 5/06/25	
1.3.5.3.1	Ensayo a 7 días	2 días	mar 22/04/25	jue 24/04/25	301CC+7 días
1.3.5.3.2	Ensayo a 14 días	2 días	mié 7/05/25	vie 9/05/25	301FC+14 días
1.3.5.3.3	Ensayo a 28 días	3 días	mar 27/05/25	vie 30/05/25	301FC+28 días
1.3.5.3.4	Registro estadístico de resultados	2 días	vie 30/05/25	mar 3/06/25	307;308;309
1.3.5.3.5	Validación con criterios de aceptación	2 días	mar 3/06/25	jue 5/06/25	310
1.3.5.4	▀ Consolidación de resultados de mezclas de prueba	13,17 días	jue 5/06/25	mié 25/06/25	
1.3.5.4.1	Análisis comparativo con requisitos del proyecto	3 días	jue 5/06/25	mar 10/06/25	311
1.3.5.4.2	Elaboración de informe técnico	3,17 días	mar 10/06/25	lun 16/06/25	313
1.3.5.4.3	Presentación a Control de Calidad	2 días	lun 16/06/25	mié 18/06/25	314
1.3.5.4.4	Ajustes de diseño si es necesario	3 días	mié 18/06/25	lun 23/06/25	315
1.3.5.4.5	Validación final de Gerencia	2 días	lun 23/06/25	mié 25/06/25	316
1.3.6	▀ Entregables de ejecución	126,21 días	vie 17/01/25	lun 14/07/25	
1.3.6.1	Informe parcial de resultados de agregados finos	6,59 días	vie 17/01/25	mar 28/01/25	261
1.3.6.2	Informe parcial de resultados de agregados gruesos	6 días	lun 17/03/25	mié 26/03/25	292
1.3.6.3	Informe de mezclas de prueba y resistencia mecánica	3,83 días	mié 25/06/25	jue 3/07/25	317
1.3.6.4	Consolidación de informes preliminares	3,34 días	jue 3/07/25	mar 8/07/25	319;320;321
1.3.6.5	Socialización técnica con Gerencia y Producción	4 días	mar 8/07/25	lun 14/07/25	322
1.4	▀ Monitoreo y Control del Proyecto	263,4 días	mar 26/11/24	vie 28/11/25	
1.4.1	▀ Seguimiento del cronograma	58,3 días	vie 27/06/25	mié 17/09/25	
1.4.1.1	▀ Monitoreo de actividades críticas	40,17 días	vie 27/06/25	vie 22/08/25	
1.4.1.1.1	Identificación de ruta crítica	4 días	vie 27/06/25	mar 8/07/25	205;230;261;291;
1.4.1.1.2	Seguimiento semanal de avances	2 días	mar 8/07/25	jue 10/07/25	327
1.4.1.1.3	Control de retrasos	5,17 días	jue 10/07/25	vie 18/07/25	328
1.4.1.1.4	Reporte de hitos alcanzados	0,34 días	jue 10/07/25	mié 23/07/25	328
1.4.1.1.5	Propuestas de acciones correctivas	6 días	lun 21/07/25	vie 22/08/25	329

1.4.1.2	▄ Actualización del cronograma	49,13 días	jue 10/07/25	mié 17/09/25	
1.4.1.2.1	Registro de avances reales	2 días	jue 10/07/25	jue 7/08/25	328
1.4.1.2.2	Comparación con línea base	2 días	jue 7/08/25	mié 13/08/25	333
1.4.1.2.3	Ajuste de secuencias si es necesario	3,17 días	mié 13/08/25	lun 18/08/25	334
1.4.1.2.4	Informe quincenal de variaciones	2 días	mié 13/08/25	lun 15/09/25	334
1.4.1.2.5	Aprobación de cambios de cronograma	2,17 días	lun 15/09/25	mié 17/09/25	335;336
1.4.2	▄ Control de costos	210,13 días	vie 7/02/25	vie 28/11/25	
1.4.2.1	▄ Seguimiento del presupuesto ejecutado	84,22 días	mié 25/06/25	mar 21/10/25	
1.4.2.1.1	Registro de costos reales vs. planificados	3,17 días	mié 25/06/25	lun 30/06/25	317
1.4.2.1.2	Reporte mensual de ejecución presupuestal	2,32 días	mar 1/07/25	mar 15/07/25	340
1.4.2.1.3	Identificación de sobrecostos	3,48 días	mar 1/07/25	jue 2/10/25	340
1.4.2.1.4	Revisión de fondo de contingencia	0,11 días	jue 2/10/25	jue 2/10/25	342
1.4.2.1.5	Reporte consolidado a la Gerencia	2,83 días	lun 6/10/25	mar 21/10/25	341;343
1.4.2.2	▄ Control de adquisiciones	210,13 días	vie 7/02/25	vie 28/11/25	
1.4.2.2.1	Validación de facturas de proveedores	2,66 días	lun 4/08/25	jue 7/08/25	340
1.4.2.2.2	Revisión de contratos de servicios externos	3,3 días	jue 7/08/25	jue 2/10/25	346
1.4.2.2.3	Seguimiento a pagos pendientes	1,15 días	jue 7/08/25	jue 13/11/25	346
1.4.2.2.4	Verificación de cumplimiento de entregas	2 días	vie 7/02/25	jue 13/02/25	160
1.4.2.2.5	Informe financiero a stakeholders	3,68 días	lun 17/11/25	vie 28/11/25	347;348;349
1.4.3	▄ Control de calidad	45,37 días	lun 17/03/25	lun 19/05/25	
1.4.3.1	▄ Inspecciones en laboratorio	31,1 días	lun 17/03/25	mar 29/04/25	
1.4.3.1.1	Validación de calibración de equipos	2 días	lun 17/03/25	mar 25/03/25	231;262
1.4.3.1.2	Supervisión de ensayos críticos	4,17 días	mar 25/03/25	lun 21/04/25	353
1.4.3.1.3	Revisión de formatos de resultados	3 días	lun 21/04/25	vie 25/04/25	354
1.4.3.1.4	Verificación de repetibilidad de ensayos	3,76 días	lun 21/04/25	vie 25/04/25	354
1.4.3.1.5	Informe de conformidad de resultados	2 días	vie 25/04/25	mar 29/04/25	355;356
1.4.3.2	▄ Auditorías internas de calidad	14,27 días	mar 29/04/25	lun 19/05/25	
1.4.3.2.1	Programación de auditorías	1,52 días	mar 29/04/25	mié 30/04/25	357
1.4.3.2.2	Aplicación de listas de chequeo	2 días	vie 2/05/25	mar 6/05/25	359
1.4.3.2.3	Registro de hallazgos	2 días	mar 6/05/25	jue 8/05/25	360
1.4.3.2.4	Acciones correctivas implementadas	2,82 días	jue 8/05/25	mar 13/05/25	361
1.4.3.2.5	Informe de auditoría a Gerencia	2 días	jue 15/05/25	lun 19/05/25	362
1.4.4	▄ Control de riesgos	55,27 días	mar 26/11/24	mar 11/02/25	

1.4.4.1	▄ Monitoreo de riesgos identificados	20 días	mar 26/11/24	mar 24/12/24	
1.4.4.1.1	Actualización de la matriz de riesgos	4 días	mar 26/11/24	mar 10/12/24	159
1.4.4.1.2	Evaluación de riesgos emergentes	4,78 días	mar 10/12/24	mié 18/12/24	366
1.4.4.1.3	Registro de incidentes críticos	2 días	mar 10/12/24	lun 16/12/24	366
1.4.4.1.4	Revisión de estrategias de mitigación	0,19 días	mar 10/12/24	jue 19/12/24	366
1.4.4.1.5	Informe de riesgos a comité de proyecto	3,45 días	jue 19/12/24	mar 24/12/24	367;368;369
1.4.4.2	▄ Acciones de respuesta a riesgos	35,27 días	mar 24/12/24	mar 11/02/25	
1.4.4.2.1	Activación de planes de contingencia	3,2 días	mar 24/12/24	vie 27/12/24	370
1.4.4.2.2	Gestión de reclamos contractuales	2 días	mar 24/12/24	jue 26/12/24	370
1.4.4.2.3	Implementación de medidas de control	2,74 días	vie 27/12/24	mar 7/01/25	372
1.4.4.2.4	Evaluación de efectividad de medidas	3 días	mar 7/01/25	vie 17/01/25	374
1.4.4.2.5	Cierre de riesgos controlados	2 días	vie 17/01/25	mar 11/02/25	375
1.4.5	▄ Seguimiento a comunicaciones y stakeholders	39,34 días	mar 8/07/25	lun 1/09/25	
1.4.5.1	▄ Control de informes periódicos	35,15 días	mar 8/07/25	mar 26/08/25	
1.4.5.1.1	Emisión de informes semanales técnicos	2,83 días	mar 8/07/25	vie 18/07/25	322
1.4.5.1.2	Presentación ejecutiva mensual	2 días	vie 18/07/25	mar 22/07/25	379
1.4.5.1.3	Registro de actas de reuniones	2 días	vie 18/07/25	vie 25/07/25	379
1.4.5.1.4	Control de versiones documentales	4 días	vie 25/07/25	lun 4/08/25	381
1.4.5.1.5	Archivo digital en repositorio institucional	3,32 días	lun 4/08/25	mar 26/08/25	382
1.4.5.2	▄ Gestión de expectativas	28,86 días	mar 22/07/25	lun 1/09/25	
1.4.5.2.1	Encuestas de satisfacción a clientes piloto	3,17 días	mar 22/07/25	mié 30/07/25	380
1.4.5.2.2	Retroalimentación de áreas internas	4,66 días	mar 22/07/25	mié 6/08/25	380
1.4.5.2.3	Ajuste de estrategias de comunicación	4,17 días	mar 12/08/25	lun 18/08/25	386
1.4.5.2.4	Resolución de conflictos reportados	3,17 días	lun 18/08/25	jue 21/08/25	387
1.4.5.2.5	Validación final de interesados clave	4,17 días	jue 21/08/25	lun 1/09/25	388
1.5	▄ Cierre del Proyecto	229,82 días	vie 17/01/25	jue 4/12/25	
1.5.1	▄ Cierre técnico	146,04 días	vie 17/01/25	lun 11/08/25	
1.5.1.1	▄ Consolidación de resultados finales	130,87 días	vie 17/01/25	lun 21/07/25	
1.5.1.1.1	Integración de resultados de ensayos de agregados finos	4,58 días	vie 17/01/25	jue 23/01/25	261
1.5.1.1.2	Integración de resultados de ensayos de agregados gruesos	4,17 días	lun 17/03/25	vie 21/03/25	292
1.5.1.1.3	Integración de resultados de mezclas de prueba	5,17 días	mié 25/06/25	mié 2/07/25	317
1.5.1.1.4	Validación técnica por Control de Calidad	3,17 días	mié 2/07/25	lun 7/07/25	393;394;395
1.5.1.1.5	Informe final consolidado	7,49 días	mié 9/07/25	lun 21/07/25	396

1.5.1.2	▀ Validación de criterios de aceptación	15,17 días	lun 21/07/25	lun 11/08/25	
1.5.1.2.1	Revisión de cumplimiento de normas ASTM/NTC	5 días	lun 28/07/25	vie 8/08/25	397
1.5.1.2.2	Revisión de desviación estándar $\leq 5\%$	3 días	lun 21/07/25	lun 28/07/25	397
1.5.1.2.3	Validación de resistencias de concreto	4 días	lun 21/07/25	vie 25/07/25	397
1.5.1.2.4	Validación de documentación entregada	4,68 días	lun 21/07/25	mar 29/07/25	397
1.5.1.2.5	Aprobación técnica de Gerencia	1 día	vie 8/08/25	lun 11/08/25	399;400;401;402
1.5.2	▀ Cierre administrativo y contractual	52,22 días	lun 11/08/25	mié 22/10/25	
1.5.2.1	▀ Cierre de contratos con proveedores	34,13 días	lun 11/08/25	vie 26/09/25	
1.5.2.1.1	Revisión de cumplimiento de entregas	3 días	lun 11/08/25	jue 14/08/25	403
1.5.2.1.2	Validación de facturas pendientes	3 días	jue 14/08/25	mar 19/08/25	406
1.5.2.1.3	Cierre financiero de contratos	4 días	mar 19/08/25	lun 25/08/25	407
1.5.2.1.4	Acta de cierre con proveedores	6 días	jue 28/08/25	mar 23/09/25	408
1.5.2.1.5	Archivo de contratos cerrados	3 días	mar 23/09/25	vie 26/09/25	409
1.5.2.2	▀ Cierre financiero del proyecto	18,09 días	vie 26/09/25	mié 22/10/25	
1.5.2.2.1	Conciliación de costos reales vs. presupuestados	3,17 días	vie 26/09/25	mié 1/10/25	410
1.5.2.2.2	Informe de ejecución presupuestal	4,17 días	mié 1/10/25	vie 10/10/25	412
1.5.2.2.3	Registro de ahorros o sobrecostos	4,83 días	mié 1/10/25	jue 9/10/25	412
1.5.2.2.4	Informe financiero final	5 días	vie 10/10/25	vie 17/10/25	413;414
1.5.2.2.5	Aprobación del cierre financiero	3,17 días	vie 17/10/25	mié 22/10/25	415
1.5.3	▀ Documentación final	98,95 días	lun 21/07/25	jue 4/12/25	
1.5.3.1	▀ Elaboración del informe final	30,3 días	lun 11/08/25	lun 22/09/25	
1.5.3.1.1	Redacción ejecutiva del documento	12 días	lun 11/08/25	vie 5/09/25	403
1.5.3.1.2	Inclusión de anexos técnicos	5 días	vie 5/09/25	vie 12/09/25	419
1.5.3.1.3	Revisión de estilo y formato ICONTEC/APA	4 días	vie 5/09/25	jue 11/09/25	419
1.5.3.1.4	Validación con Gerencia General	4,17 días	jue 11/09/25	mié 17/09/25	421
1.5.3.1.5	Distribución a stakeholders clave	3 días	mié 17/09/25	lun 22/09/25	422
1.5.3.2	▀ Registro de lecciones aprendidas	98,95 días	lun 21/07/25	jue 4/12/25	
1.5.3.2.1	Identificación de aciertos	3,17 días	lun 21/07/25	mié 30/07/25	397
1.5.3.2.2	Identificación de errores recurrentes	0,17 días	lun 21/07/25	jue 24/07/25	397
1.5.3.2.3	Recomendaciones para futuros proyectos	5,34 días	vie 1/08/25	jue 21/08/25	425;426
1.5.3.2.4	Reunión de socialización interna	6 días	jue 21/08/25	jue 18/09/25	427
1.5.3.2.5	Archivo en repositorio de conocimiento	2 días	mar 2/12/25	jue 4/12/25	428
1.5.3.3	▀ Archivo y custodia de documentos	25,56 días	mar 21/10/25	mar 25/11/25	

1.5.3.3.1	Clasificación de documentos físicos	3 días	mar 21/10/25	mar 28/10/25	423
1.5.3.3.2	Digitalización de documentos clave	4,17 días	jue 6/11/25	mié 12/11/25	431
1.5.3.3.3	Subida a repositorio digital institucional	3,17 días	mié 12/11/25	lun 17/11/25	432
1.5.3.3.4	Control de acceso a la información	3 días	lun 17/11/25	jue 20/11/25	433
1.5.3.3.5	Custodia de informes finales	3,17 días	jue 20/11/25	mar 25/11/25	434
1.5.4	✦ Cierre formal del proyecto	30 días	mié 22/10/25	mié 3/12/25	
1.5.4.1	✦ Acta de cierre del proyecto	10,83 días	mié 22/10/25	jue 6/11/25	
1.5.4.1.1	Redacción del acta final	2 días	mié 22/10/25	vie 24/10/25	426;416
1.5.4.1.2	Firma del Project Manager	1,17 días	vie 24/10/25	lun 27/10/25	438
1.5.4.1.3	Firma de Gerencia General	2 días	vie 31/10/25	mar 4/11/25	438
1.5.4.1.4	Firma de stakeholders clave	3 días	mar 28/10/25	vie 31/10/25	438
1.5.4.1.5	Registro y archivo institucional	2 días	mar 4/11/25	jue 6/11/25	439;440;441
1.5.4.2	✦ Presentación de resultados a la organización	19,17 días	jue 6/11/25	mié 3/12/25	
1.5.4.2.1	Presentación ejecutiva a Gerencia	3 días	jue 6/11/25	vie 21/11/25	442
1.5.4.2.2	Presentación técnica al área de Producción	3,17 días	jue 6/11/25	mar 11/11/25	442
1.5.4.2.3	Presentación a clientes piloto	3 días	jue 6/11/25	mié 26/11/25	442
1.5.4.2.4	Socialización con comunidades locales	11,17 días	jue 6/11/25	lun 1/12/25	442
1.5.4.2.5	Registro audiovisual de la presentación	2 días	lun 1/12/25	mié 3/12/25	444;445;446;447
1.5.4.3	✦ Disolución del equipo del proyecto	18,73 días	jue 6/11/25	mar 2/12/25	
1.5.4.3.1	Evaluación final de desempeño del equipo	0,83 días	jue 6/11/25	vie 7/11/25	442
1.5.4.3.2	Reasignación de personal a nuevas funciones	3 días	vie 7/11/25	mié 12/11/25	450
1.5.4.3.3	Cierre de roles administrativos	3,83 días	jue 13/11/25	mié 19/11/25	451
1.5.4.3.4	Reconocimiento a participantes destacados	2 días	mié 19/11/25	vie 21/11/25	452
1.5.4.3.5	Acta de disolución del equipo	4 días	vie 21/11/25	mar 2/12/25	453

Apéndice D. USO DE RECURSOS

Nombre del recurso ▼	Trabajo ▼	Comienzo ▼	Fin ▼
▲ Project Manager	2.245,88 horas	lun 5/02/24	vie 28/11/25
Acta de designación del Project Manager	1,73 horas	lun 5/02/24	mar 6/02/24
Notificación formal a stakeholders internos	1,73 horas	mar 6/02/24	mié 7/02/24
Identificación de roles requeridos (técnicos, administrativos)	8,68 horas	mar 6/02/24	jue 8/02/24
Asignación de responsabilidades preliminares	9,6 horas	jue 8/02/24	lun 12/02/24
Validación de disponibilidad de personal	2,67 horas	lun 12/02/24	mié 14/02/24
Registro inicial de stakeholders internos	5,21 horas	mié 7/02/24	vie 9/02/24
Registro inicial de stakeholders externos	5,59 horas	vie 9/02/24	mar 13/02/24
Mapa preliminar de poder–interés	8,68 horas	mar 13/02/24	vie 16/02/24
Definición de propósito y justificación	9,6 horas	vie 16/02/24	mar 20/02/24
Identificación de objetivos generales y específicos	10,42 horas	mar 20/02/24	jue 22/02/24
Establecimiento de alcance preliminar	15,98 horas	jue 22/02/24	mar 27/02/24
Definición de cronograma y presupuesto estimado	15,22 horas	mar 27/02/24	vie 1/03/24
Socialización con Gerencia General	4,32 horas	vie 1/03/24	lun 4/03/24
Ajustes según retroalimentación	9,6 horas	lun 4/03/24	mié 6/03/24
Validación de los objetivos estratégicos	5,18 horas	mié 6/03/24	jue 7/03/24
Firma del patrocinador del proyecto	1,73 horas	jue 7/03/24	lun 11/03/24
Archivo en repositorio institucional	0,66 horas	mar 12/03/24	mar 12/03/24
Informe técnico de caracterización de agregados	0 horas	mar 12/03/24	mar 12/03/24
Informe de validación normativa	0 horas	lun 8/04/24	lun 8/04/24
Fuentes no autorizadas de agregados	0 horas	jue 18/04/24	jue 18/04/24
Actividades de extracción y licenciamiento	0 horas	vie 19/04/24	vie 19/04/24
Ingeniero de materiales	0 horas	lun 18/03/24	lun 18/03/24
Presupuesto de muestreo	0 horas	mar 12/03/24	mar 12/03/24
Presupuesto de ensayos de laboratorio	0 horas	jue 4/04/24	jue 4/04/24
Fondo de contingencia inicial	0 horas	mar 23/04/24	mar 23/04/24
Project Charter aprobado	25,36 horas	mar 12/03/24	lun 18/03/24
Acta de constitución registrada	33,36 horas	lun 18/03/24	vie 22/03/24
Informe preliminar de interesados	41,36 horas	vie 22/03/24	vie 29/03/24
Verificación de aprobación formal	0 horas	mar 12/03/24	mar 12/03/24
Confirmación de disponibilidad de recursos	0 horas	mar 19/03/24	mar 19/03/24
Validación del cronograma inicial	0 horas	lun 15/04/24	lun 15/04/24
Redacción del acta de cierre de fase	0 horas	mar 23/04/24	mar 23/04/24
Aprobación de la Gerencia General	0,4 horas	mar 11/06/24	mar 11/06/24
Identificación detallada de interesados	49,36 horas	vie 29/03/24	lun 8/04/24

<i>Matriz poder–interés</i>	32 horas	lun 8/04/24	vie 12/04/24
<i>Matriz dependencia–influencia</i>	0 horas	lun 8/04/24	lun 8/04/24
<i>Estrategias de comunicación</i>	40 horas	lun 22/04/24	lun 29/04/24
<i>Formato de resolución de conflictos</i>	24 horas	lun 29/04/24	jue 2/05/24
<i>Acta de declaración del alcance</i>	41,36 horas	jue 2/05/24	jue 9/05/24
<i>Documento de requisitos</i>	58,64 horas	jue 9/05/24	mar 21/05/24
<i>Matriz de trazabilidad de requisitos</i>	42,64 horas	mar 21/05/24	mar 28/05/24
<i>Actas de cierre de fases</i>	0 horas	jue 9/05/24	jue 9/05/24
<i>Línea base del alcance</i>	32 horas	mar 28/05/24	lun 3/06/24
<i>Definición de actividades</i>	17,36 horas	lun 3/06/24	mié 5/06/24
<i>Secuenciación de actividades</i>	0 horas	mié 5/06/24	mié 5/06/24
<i>Estimación de recursos por actividad</i>	32 horas	mié 5/06/24	mar 11/06/24
<i>Estimación de duración de actividades</i>	0 horas	lun 17/06/24	lun 17/06/24
<i>Desarrollo del cronograma base</i>	0 horas	mar 25/06/24	mar 25/06/24
<i>Estimación de costos por recurso</i>	41,36 horas	lun 17/06/24	lun 24/06/24
<i>Estimación de costos indirectos</i>	25,36 horas	mié 3/07/24	mar 9/07/24
<i>Asignación de contingencias</i>	17,36 horas	mar 9/07/24	jue 11/07/24
<i>Presupuesto consolidado del proyecto</i>	0 horas	lun 15/07/24	lun 15/07/24
<i>Línea base de costos</i>	16 horas	vie 19/07/24	mar 23/07/24
<i>Definición de requerimientos técnicos (ASTM/NTC)</i>	0 horas	lun 3/06/24	lun 3/06/24
<i>Definición de controles de calidad (Ishikawa, flujos, checklists)</i>	41,36 horas	lun 24/06/24	lun 1/07/24
<i>Aprobación de plan de calidad</i>	17,36 horas	jue 11/07/24	lun 15/07/24
<i>Project Manager</i>	24 horas	lun 4/11/24	mié 6/11/24
<i>Inducción normativa (ASTM/NTC/NSR-10)</i>	24 horas	mié 4/12/24	lun 9/12/24
<i>Capacitación en seguridad industrial</i>	9,6 horas	mar 24/12/24	mié 25/12/24
<i>Talleres de buenas prácticas de muestreo</i>	7,76 horas	lun 16/12/24	mar 17/12/24
<i>Evaluación de competencias técnicas</i>	0 horas	mar 31/12/24	mar 31/12/24
<i>Reglas de operación interna</i>	24 horas	mar 10/12/24	vie 13/12/24
<i>Frecuencia de reuniones</i>	0 horas	lun 16/12/24	lun 16/12/24
<i>Protocolos de comunicación formal</i>	0 horas	lun 16/12/24	lun 16/12/24
<i>Estrategia de cohesión de equipo</i>	22,88 horas	mar 17/12/24	vie 20/12/24
<i>Evaluación periódica de desempeño</i>	7,12 horas	vie 27/12/24	lun 30/12/24
<i>Stakeholders internos (Gerencia, producción, calidad)</i>	0 horas	jue 2/05/24	jue 2/05/24
<i>Stakeholders externos (clientes, reguladores, proveedores)</i>	0 horas	lun 3/06/24	lun 3/06/24

<i>Stakeholders externos (clientes, reguladores, proveedores)</i>	0 horas	lun 3/06/24	lun 3/06/24
<i>Medios de comunicación (digitales, impresos, reuniones)</i>	0 horas	lun 3/06/24	lun 3/06/24
<i>Frecuencia de reportes ejecutivos</i>	0 horas	mar 11/06/24	mar 11/06/24
<i>Responsables de emisión y recepción</i>	0 horas	vie 16/08/24	vie 16/08/24
<i>Protocolos de confidencialidad</i>	0 horas	vie 16/08/24	vie 16/08/24
<i>Socialización interna en Concremack</i>	48 horas	lun 7/10/24	mar 15/10/24
<i>Socialización con clientes piloto</i>	30,08 horas	mar 1/10/24	lun 7/10/24
<i>Publicación en repositorio académico/industrial</i>	57,36 horas	mié 23/10/24	jue 7/11/24
<i>Presentaciones ejecutivas con Gerencia</i>	19,92 horas	mar 15/10/24	jue 17/10/24
<i>Registro de actas de socialización</i>	32 horas	jue 17/10/24	mié 23/10/24
<i>Riesgos técnicos (fallas de equipos, calibración)</i>	48 horas	lun 15/07/24	mar 6/08/24
<i>Riesgos operativos (retrasos en ensayos)</i>	40 horas	mar 6/08/24	lun 9/09/24
<i>Riesgos financieros (sobrecostos)</i>	0 horas	lun 9/09/24	lun 9/09/24
<i>Riesgos legales/normativos</i>	0 horas	lun 9/09/24	lun 9/09/24
<i>Riesgos ambientales/sociales</i>	49,36 horas	vie 20/09/24	lun 30/09/24
<i>Probabilidad de ocurrencia</i>	0 horas	lun 30/09/24	lun 30/09/24
<i>Impacto potencial</i>	0 horas	lun 30/09/24	lun 30/09/24
<i>Matriz de priorización de riesgos</i>	0 horas	vie 4/10/24	vie 4/10/24
<i>Estimación monetaria de impacto</i>	0 horas	lun 14/10/24	lun 14/10/24
<i>Valor esperado de riesgos críticos</i>	0 horas	jue 24/10/24	jue 24/10/24
<i>Simulación de escenarios (Monte Carlo)</i>	1,36 horas	jue 24/10/24	jue 24/10/24
<i>Estimación de reservas de contingencia</i>	2,96 horas	mié 13/11/24	mié 13/11/24
<i>Informe de riesgos cuantificados</i>	10,8 horas	vie 29/11/24	mar 3/12/24
<i>Estrategias de mitigación</i>	0 horas	lun 14/10/24	lun 14/10/24
<i>Estrategias de transferencia</i>	0 horas	lun 14/10/24	lun 14/10/24
<i>Estrategias de aceptación</i>	0 horas	lun 14/10/24	lun 14/10/24
<i>Estrategias de contingencia</i>	0 horas	lun 14/10/24	lun 14/10/24
<i>Plan de monitoreo de riesgos</i>	0 horas	jue 14/11/24	jue 14/11/24
<i>Contratación de laboratorios acreditados (ONAC)</i>	21,28 horas	mar 13/08/24	mar 1/10/24
<i>Evaluación de proveedores locales</i>	0 horas	mar 1/10/24	mar 1/10/24
<i>Políticas de compras responsables</i>	0 horas	jue 7/11/24	jue 7/11/24
<i>Auditorías a proveedores críticos</i>	0 horas	lun 18/11/24	lun 18/11/24
<i>Revisión de consistencia entre cronograma y costos</i>	33,36 horas	mar 23/07/24	lun 29/07/24

<i>Validación de riesgos con alcance definido</i>	32 horas	<i>lun 29/07/24</i>	<i>vie 2/08/24</i>
<i>Revisión de coherencia entre comunicaciones y stakeholders</i>	0 horas	<i>lun 29/07/24</i>	<i>lun 29/07/24</i>
<i>Integración de controles de calidad en cronograma</i>	0 horas	<i>lun 29/07/24</i>	<i>lun 29/07/24</i>
<i>Ajustes finales de documentos</i>	17,36 horas	<i>jue 8/08/24</i>	<i>lun 12/08/24</i>
<i>Entrega de plan consolidado</i>	1,36 horas	<i>lun 12/08/24</i>	<i>mar 13/08/24</i>
<i>Reunión de aprobación</i>	16 horas	<i>mié 14/08/24</i>	<i>vie 16/08/24</i>
<i>Registro de observaciones</i>	16 horas	<i>vie 16/08/24</i>	<i>mar 20/08/24</i>
<i>Incorporación de recomendaciones</i>	25,36 horas	<i>mar 20/08/24</i>	<i>lun 26/08/24</i>
<i>Acta de aprobación de la fase de planificación</i>	17,36 horas	<i>lun 26/08/24</i>	<i>mié 28/08/24</i>
<i>Convocatoria a los interesados clave</i>	16 horas	<i>mié 28/08/24</i>	<i>vie 30/08/24</i>
<i>Presentación del plan aprobado</i>	16 horas	<i>vie 30/08/24</i>	<i>mar 3/09/24</i>
<i>Registro en acta de compromisos iniciales</i>	16 horas	<i>mar 3/09/24</i>	<i>jue 5/09/24</i>
<i>Distribución de documentos base</i>	0 horas	<i>mar 3/09/24</i>	<i>mar 3/09/24</i>
<i>Cierre formal de reunión</i>	8,64 horas	<i>lun 9/09/24</i>	<i>mar 10/09/24</i>
<i>Distribución de responsabilidades en campo</i>	0 horas	<i>mar 10/09/24</i>	<i>mar 10/09/24</i>
<i>Validación de cronograma operativo</i>	0,4 horas	<i>mar 1/10/24</i>	<i>mar 1/10/24</i>
<i>Confirmación de disponibilidad de insumos</i>	0 horas	<i>vie 20/09/24</i>	<i>vie 20/09/24</i>
<i>Planificación de transporte de muestras</i>	25,36 horas	<i>mar 10/09/24</i>	<i>vie 13/09/24</i>
<i>Programación de visitas a fuentes de agregados</i>	33,36 horas	<i>vie 13/09/24</i>	<i>vie 20/09/24</i>
<i>Verificación de permisos y accesos</i>	0 horas	<i>vie 20/09/24</i>	<i>vie 20/09/24</i>
<i>Coordinación con proveedores de agregados</i>	0,4 horas	<i>jue 7/11/24</i>	<i>jue 7/11/24</i>
<i>Firma de aprobación técnica</i>	3,28 horas	<i>lun 13/01/25</i>	<i>lun 13/01/25</i>
<i>Revisión con Gerencia y Producción</i>	25,36 horas	<i>lun 10/03/25</i>	<i>jue 13/03/25</i>
<i>Firma de aceptación técnica</i>	16 horas	<i>jue 13/03/25</i>	<i>lun 17/03/25</i>
<i>Validación final de Gerencia</i>	14,88 horas	<i>lun 23/06/25</i>	<i>mar 24/06/25</i>
<i>Consolidación de informes preliminares</i>	25,36 horas	<i>jue 3/07/25</i>	<i>mar 8/07/25</i>
<i>Socialización técnica con Gerencia y Producción</i>	0 horas	<i>mar 8/07/25</i>	<i>mar 8/07/25</i>
<i>Identificación de ruta crítica</i>	24 horas	<i>vie 27/06/25</i>	<i>mié 2/07/25</i>
<i>Seguimiento semanal de avances</i>	0 horas	<i>mar 8/07/25</i>	<i>mar 8/07/25</i>
<i>Control de retrasos</i>	17,36 horas	<i>mié 16/07/25</i>	<i>vie 18/07/25</i>
<i>Reporte de hitos alcanzados</i>	0 horas	<i>jue 10/07/25</i>	<i>jue 10/07/25</i>
<i>Propuestas de acciones correctivas</i>	0 horas	<i>lun 21/07/25</i>	<i>lun 21/07/25</i>
<i>Registro de avances reales</i>	0 horas	<i>jue 10/07/25</i>	<i>jue 10/07/25</i>

<i>Comparación con línea base</i>	0 horas	jue 7/08/25	jue 7/08/25
<i>Ajuste de secuencias si es necesario</i>	0 horas	mié 13/08/25	mié 13/08/25
<i>Informe quincenal de variaciones</i>	0 horas	mié 13/08/25	mié 13/08/25
<i>Aprobación de cambios de cronograma</i>	0 horas	lun 15/09/25	lun 15/09/25
<i>Registro de costos reales vs. planificados</i>	17,36 horas	mié 25/06/25	vie 27/06/25
<i>Reporte mensual de ejecución presupuestal</i>	0 horas	mar 1/07/25	mar 1/07/25
<i>Identificación de sobrecostos</i>	0 horas	mar 1/07/25	mar 1/07/25
<i>Revisión de fondo de contingencia</i>	0,88 horas	jue 2/10/25	jue 2/10/25
<i>Reporte consolidado a la Gerencia</i>	6,64 horas	lun 6/10/25	mar 7/10/25
<i>Revisión de contratos de servicios externos</i>	11,92 horas	jue 7/08/25	jue 14/08/25
<i>Verificación de cumplimiento de entregas</i>	0 horas	vie 7/02/25	vie 7/02/25
<i>Informe financiero a stakeholders</i>	25,36 horas	lun 17/11/25	vie 28/11/25
<i>Supervisión de ensayos críticos</i>	24 horas	mar 25/03/25	vie 28/03/25
<i>Informe de conformidad de resultados</i>	0 horas	vie 25/04/25	vie 25/04/25
<i>Programación de auditorías</i>	8,24 horas	mar 29/04/25	mié 30/04/25
<i>Acciones correctivas implementadas</i>	0 horas	jue 8/05/25	jue 8/05/25
<i>Informe de auditoría a Gerencia</i>	0 horas	jue 15/05/25	jue 15/05/25
<i>Actualización de la matriz de riesgos</i>	0 horas	mar 26/11/24	mar 26/11/24
<i>Evaluación de riesgos emergentes</i>	10 horas	mar 10/12/24	lun 16/12/24
<i>Registro de incidentes críticos</i>	0 horas	mar 10/12/24	mar 10/12/24
<i>Revisión de estrategias de mitigación</i>	0 horas	mar 10/12/24	mar 10/12/24
<i>Informe de riesgos a comité de proyecto</i>	16 horas	vie 20/12/24	mar 24/12/24
<i>Activación de planes de contingencia</i>	16 horas	mié 25/12/24	vie 27/12/24
<i>Gestión de reclamos contractuales</i>	0 horas	mar 24/12/24	mar 24/12/24
<i>Implementación de medidas de control</i>	0 horas	vie 27/12/24	vie 27/12/24
<i>Evaluación de efectividad de medidas</i>	0 horas	mar 7/01/25	mar 7/01/25
<i>Cierre de riesgos controlados</i>	0 horas	vie 17/01/25	vie 17/01/25
<i>Emisión de informes semanales técnicos</i>	0 horas	mar 8/07/25	mar 8/07/25
<i>Presentación ejecutiva mensual</i>	0 horas	vie 18/07/25	vie 18/07/25
<i>Registro de actas de reuniones</i>	0 horas	vie 18/07/25	vie 18/07/25
<i>Encuestas de satisfacción a clientes piloto</i>	0 horas	mar 22/07/25	mar 22/07/25
<i>Retroalimentación de áreas internas</i>	0 horas	mar 22/07/25	mar 22/07/25
<i>Ajuste de estrategias de comunicación</i>	0 horas	mar 12/08/25	mar 12/08/25

<i>Resolución de conflictos reportados</i>	0 horas	<i>lun 18/08/25</i>	<i>lun 18/08/25</i>
<i>Validación final de interesados clave</i>	0 horas	<i>jue 21/08/25</i>	<i>jue 21/08/25</i>
<i>Validación técnica por Control de Calidad</i>	8 horas	<i>mié 2/07/25</i>	<i>jue 3/07/25</i>
<i>Informe final consolidado</i>	41,36 horas	<i>mié 9/07/25</i>	<i>mié 16/07/25</i>
<i>Validación de documentación entregada</i>	24 horas	<i>lun 21/07/25</i>	<i>jue 24/07/25</i>
<i>Aprobación técnica de Gerencia</i>	8 horas	<i>vie 8/08/25</i>	<i>lun 11/08/25</i>
<i>Revisión de cumplimiento de entregas</i>	18,56 horas	<i>lun 11/08/25</i>	<i>mié 13/08/25</i>
<i>Cierre financiero de contratos</i>	24 horas	<i>mar 19/08/25</i>	<i>vie 22/08/25</i>
<i>Acta de cierre con proveedores</i>	24 horas	<i>jue 28/08/25</i>	<i>mar 2/09/25</i>
<i>Conciliación de costos reales vs. presupuestados</i>	25,36 horas	<i>vie 26/09/25</i>	<i>mié 1/10/25</i>
<i>Registro de ahorros o sobre costos</i>	24 horas	<i>mié 1/10/25</i>	<i>lun 6/10/25</i>
<i>Informe financiero final</i>	40 horas	<i>vie 10/10/25</i>	<i>vie 17/10/25</i>
<i>Aprobación del cierre financiero</i>	25,36 horas	<i>vie 17/10/25</i>	<i>mié 22/10/25</i>
<i>Redacción ejecutiva del documento</i>	2,56 horas	<i>mié 13/08/25</i>	<i>mié 13/08/25</i>
<i>Revisión de estilo y formato ICONTEC/APA</i>	32 horas	<i>vie 5/09/25</i>	<i>jue 11/09/25</i>
<i>Validación con Gerencia General</i>	33,36 horas	<i>jue 11/09/25</i>	<i>mié 17/09/25</i>
<i>Distribución a stakeholders clave</i>	8 horas	<i>mié 17/09/25</i>	<i>jue 18/09/25</i>
<i>Identificación de aciertos</i>	0 horas	<i>lun 21/07/25</i>	<i>lun 21/07/25</i>
<i>Identificación de errores recurrentes</i>	1,36 horas	<i>jue 24/07/25</i>	<i>jue 24/07/25</i>
<i>Recomendaciones para futuros proyectos</i>	18,72 horas	<i>vie 1/08/25</i>	<i>mar 5/08/25</i>
<i>Reunión de socialización interna</i>	6,64 horas	<i>vie 22/08/25</i>	<i>lun 25/08/25</i>
<i>Control de acceso a la información</i>	0 horas	<i>lun 17/11/25</i>	<i>lun 17/11/25</i>
<i>Custodia de informes finales</i>	0 horas	<i>jue 20/11/25</i>	<i>jue 20/11/25</i>
<i>Redacción del acta final</i>	16 horas	<i>mié 22/10/25</i>	<i>vie 24/10/25</i>
<i>Firma del Project Manager</i>	9,36 horas	<i>vie 24/10/25</i>	<i>lun 27/10/25</i>
<i>Presentación ejecutiva a Gerencia</i>	0 horas	<i>jue 6/11/25</i>	<i>jue 6/11/25</i>
<i>Presentación a clientes piloto</i>	0 horas	<i>jue 6/11/25</i>	<i>jue 6/11/25</i>
<i>Socialización con comunidades locales</i>	14,64 horas	<i>mié 12/11/25</i>	<i>lun 17/11/25</i>
<i>Evaluación final de desempeño del equipo</i>	6,64 horas	<i>jue 6/11/25</i>	<i>vie 7/11/25</i>
<i>Reasignación de personal a nuevas funciones</i>	24 horas	<i>vie 7/11/25</i>	<i>mié 12/11/25</i>
<i>Cierre de roles administrativos</i>	14,64 horas	<i>lun 17/11/25</i>	<i>mié 19/11/25</i>
<i>Reconocimiento a participantes destacados</i>	16 horas	<i>mié 19/11/25</i>	<i>vie 21/11/25</i>
<i>Acta de disolución del equipo</i>	16 horas	<i>vie 21/11/25</i>	<i>mar 25/11/25</i>

■ Ingeniero de Materiales	2.036,22 horas	mar 20/02/24	mar 11/11/25
Identificación de objetivos generales y específicos	5,21 horas	mar 20/02/24	jue 22/02/24
Establecimiento de alcance preliminar	13,32 horas	jue 22/02/24	mar 27/02/24
Definición de cronograma y presupuesto estimado	7,61 horas	mar 27/02/24	vie 1/03/24
Ajustes según retroalimentación	6,4 horas	lun 4/03/24	mié 6/03/24
Informe técnico de caracterización de agregados	44 horas	lun 18/03/24	mar 26/03/24
Protocolos de muestreo y ensayo	26,64 horas	mar 2/04/24	lun 8/04/24
Informe de validación normativa	25,36 horas	lun 8/04/24	vie 12/04/24
Resistencia mínima del concreto modular	13,28 horas	mié 24/04/24	vie 26/04/24
Límites granulométricos	17,36 horas	jue 18/04/24	lun 22/04/24
Cumplimiento de desviación estándar $\leq 5\%$	17,36 horas	mar 23/04/24	lun 29/04/24
Ensayos químicos no contemplados	0 horas	jue 18/04/24	jue 18/04/24
Espacio de laboratorio	32 horas	mar 12/03/24	lun 18/03/24
Equipos de tamizado y compactación	49,36 horas	lun 1/04/24	mar 23/04/24
Software de análisis estadístico	8 horas	jue 28/03/24	vie 29/03/24
Ingeniero de materiales	33,36 horas	mar 26/03/24	mié 10/04/24
Documento de requisitos	58,64 horas	jue 9/05/24	mar 21/05/24
Definición de actividades	17,36 horas	lun 3/06/24	mié 5/06/24
Estimación de recursos por actividad	32 horas	mar 11/06/24	lun 17/06/24
Definición de requerimientos técnicos (ASTM/NTC)	32 horas	mié 5/06/24	mar 11/06/24
Especificaciones de ensayo de agregados	25,36 horas	lun 17/06/24	jue 20/06/24
Plan de inspecciones y auditorías internas	33,36 horas	lun 1/07/24	lun 8/07/24
Ingeniero de Materiales	17,36 horas	jue 7/11/24	mié 27/11/24
Inducción normativa (ASTM/NTC/NSR-10)	24 horas	jue 5/12/24	mar 10/12/24
Capacitación en uso de software de análisis	14,64 horas	jue 26/12/24	lun 30/12/24
Talleres de buenas prácticas de muestreo	16 horas	mar 17/12/24	mar 31/12/24
Riesgos técnicos (fallas de equipos, calibración)	48 horas	lun 15/07/24	mar 23/07/24
Riesgos operativos (retrasos en ensayos)	40 horas	mar 6/08/24	mar 13/08/24
Simulación de escenarios (Monte Carlo)	30,64 horas	vie 25/10/24	jue 31/10/24
Distribución de responsabilidades en campo	17,36 horas	mar 10/09/24	jue 12/09/24
Validación de cronograma operativo	9,92 horas	jue 12/09/24	vie 4/10/24
Programación de visitas a fuentes de agregados	33,36 horas	vie 13/09/24	vie 20/09/24
Selección de puntos de muestreo	17,36 horas	jue 26/09/24	lun 30/09/24

Registro de condiciones ambientales	16 horas	vie 4/10/24	mar 8/10/24
Identificación de canteras de origen	33,36 horas	vie 20/09/24	jue 26/09/24
Registro de coordenadas GPS	8 horas	jue 3/10/24	mar 8/10/24
Protocolos de muestreo ASTM D75	25,36 horas	lun 30/09/24	jue 3/10/24
Supervisión del Ingeniero de Materiales	0,8 horas	mar 8/10/24	mar 8/10/24
Validación de trazabilidad de muestras	24 horas	mar 22/10/24	vie 25/10/24
Tamizado por fracciones	24 horas	jue 7/11/24	mar 12/11/24
Análisis de curva granulométrica	24 horas	mié 20/11/24	lun 25/11/24
Cálculo de densidad aparente	0 horas	vie 13/12/24	vie 13/12/24
Determinación de absorción porcentual	16 horas	vie 13/12/24	mar 17/12/24
Lectura de valores en escala	16 horas	mar 12/11/24	jue 14/11/24
Análisis de cumplimiento normativo	24 horas	jue 14/11/24	mar 19/11/24
Cálculo de porcentaje de finos	16 horas	jue 28/11/24	lun 2/12/24
Validación frente a norma	16 horas	lun 2/12/24	mié 4/12/24
Revisión de repetibilidad (desviación $\leq 5\%$)	16 horas	mié 18/12/24	vie 20/12/24
Comparación con norma NTC 1741	16 horas	vie 20/12/24	mar 24/12/24
Elaboración de informe preliminar	16 horas	mar 31/12/24	jue 2/01/25
Validación con Control de Calidad	16 horas	jue 2/01/25	lun 6/01/25
Tamizado por fracciones	16 horas	jue 23/01/25	lun 27/01/25
Análisis de curva granulométrica	16 horas	mié 29/01/25	vie 31/01/25
Determinación de absorción porcentual	11,28 horas	mar 19/11/24	mié 20/11/24
Validación frente a norma ASTM	0 horas	vie 29/11/24	vie 29/11/24
Selección de partículas representativas	16 horas	vie 1/11/24	mar 5/11/24
Identificación de caras fracturadas	16 horas	mié 27/11/24	jue 5/12/24
Clasificación por porcentajes	0 horas	jue 5/12/24	jue 5/12/24
Análisis de cumplimiento NTC	16 horas	mié 11/12/24	vie 13/12/24
Ensayo de vacíos de mortero compactado	33,36 horas	mié 5/02/25	mar 11/02/25
Cálculo de índice de forma	24 horas	mar 11/02/25	vie 14/02/25
Validación con criterios de norma	25,36 horas	mar 18/02/25	vie 21/02/25
Validación de repetibilidad	24 horas	vie 21/02/25	mié 26/02/25
Comparación con normas ASTM/NTC	25,36 horas	mié 26/02/25	lun 3/03/25
Elaboración de informe preliminar	33,36 horas	mar 4/03/25	lun 10/03/25
Determinación de relación A/C óptima	33,36 horas	lun 17/03/25	vie 21/03/25

<i>Selección de aditivos (si aplica)</i>	25,36 horas	vie 21/03/25	mié 26/03/25
<i>Definición de proporciones por volumen y peso</i>	40 horas	mié 26/03/25	mié 2/04/25
<i>Ajuste según trabajabilidad</i>	24 horas	mié 2/04/25	lun 7/04/25
<i>Validación preliminar de diseño</i>	32 horas	lun 7/04/25	vie 11/04/25
<i>Confección de cilindros de concreto (ASTM C31)</i>	33,36 horas	vie 11/04/25	jue 17/04/25
<i>Ensayo a 7 días</i>	16 horas	mar 22/04/25	jue 24/04/25
<i>Ensayo a 14 días</i>	16 horas	mié 7/05/25	vie 9/05/25
<i>Ensayo a 28 días</i>	24 horas	mar 27/05/25	vie 30/05/25
<i>Validación con criterios de aceptación</i>	16 horas	mar 3/06/25	jue 5/06/25
<i>Análisis comparativo con requisitos del proyecto</i>	22,64 horas	jue 5/06/25	mar 10/06/25
<i>Elaboración de informe técnico</i>	25,36 horas	mar 10/06/25	lun 16/06/25
<i>Presentación a Control de Calidad</i>	16 horas	lun 16/06/25	mié 18/06/25
<i>Ajustes de diseño si es necesario</i>	23,44 horas	mié 18/06/25	vie 20/06/25
<i>Informe parcial de resultados de agregados finos</i>	12,72 horas	lun 27/01/25	mar 28/01/25
<i>Informe parcial de resultados de agregados gruesos</i>	0 horas	lun 17/03/25	lun 17/03/25
<i>Informe de mezclas de prueba y resistencia mecánica</i>	6,64 horas	mié 2/07/25	jue 3/07/25
<i>Consolidación de informes preliminares</i>	25,36 horas	jue 3/07/25	mar 8/07/25
<i>Control de retrasos</i>	24 horas	jue 10/07/25	mar 15/07/25
<i>Comparación con línea base</i>	16 horas	lun 11/08/25	mié 13/08/25
<i>Validación de calibración de equipos</i>	0 horas	lun 17/03/25	lun 17/03/25
<i>Supervisión de ensayos críticos</i>	9,36 horas	jue 17/04/25	lun 21/04/25
<i>Verificación de repetibilidad de ensayos</i>	19,36 horas	lun 21/04/25	vie 25/04/25
<i>Acciones correctivas implementadas</i>	15,44 horas	vie 9/05/25	mar 13/05/25
<i>Implementación de medidas de control</i>	9,36 horas	mar 31/12/24	mar 7/01/25
<i>Emisión de informes semanales técnicos</i>	16 horas	mar 8/07/25	jue 10/07/25
<i>Integración de resultados de ensayos de agregados finos</i>	32 horas	vie 17/01/25	jue 23/01/25
<i>Integración de resultados de ensayos de agregados gruesos</i>	0 horas	lun 17/03/25	lun 17/03/25
<i>Integración de resultados de mezclas de prueba</i>	41,36 horas	mié 25/06/25	mié 2/07/25
<i>Revisión de cumplimiento de normas ASTM/NTC</i>	24 horas	lun 28/07/25	jue 31/07/25
<i>Revisión de desviación estándar $\leq 5\%$</i>	24 horas	mié 23/07/25	lun 28/07/25
<i>Validación de resistencias de concreto</i>	16,88 horas	lun 21/07/25	mié 23/07/25
<i>Inclusión de anexos técnicos</i>	40 horas	vie 5/09/25	vie 12/09/25
<i>Presentación técnica al área de Producción</i>	25,36 horas	jue 6/11/25	mar 11/11/25

■ Técnico de Laboratorio	1.992,08 horas	mar 12/03/24	vie 12/09/25
Informe técnico de caracterización de agregados	44 horas	mar 12/03/24	mié 20/03/24
Protocolos de muestreo y ensayo	26,64 horas	mar 2/04/24	lun 8/04/24
Resistencia mínima del concreto modular	16 horas	lun 22/04/24	mié 24/04/24
Límites granulométricos	17,36 horas	jue 18/04/24	lun 22/04/24
Cumplimiento de desviación estándar $\leq 5\%$	17,36 horas	jue 18/04/24	lun 22/04/24
Ensayos químicos no contemplados	4,32 horas	jue 18/04/24	lun 22/04/24
Espacio de laboratorio	32 horas	mar 12/03/24	lun 18/03/24
Equipos de tamizado y compactación	49,36 horas	lun 18/03/24	mié 27/03/24
Técnicos de laboratorio	32 horas	mié 10/04/24	mar 16/04/24
Estimación de recursos por actividad	32 horas	mié 5/06/24	mar 11/06/24
Especificaciones de ensayo de agregados	25,36 horas	jue 13/06/24	mar 18/06/24
Técnicos de laboratorio	41,36 horas	mié 27/11/24	mié 4/12/24
Capacitación en uso de software de análisis	24 horas	mié 18/12/24	lun 23/12/24
Talleres de buenas prácticas de muestreo	33,36 horas	mar 17/12/24	mié 25/12/24
Riesgos operativos (retrasos en ensayos)	40 horas	mar 6/08/24	mar 13/08/24
Reactivos químicos de ensayo	17,36 horas	mar 23/07/24	jue 25/07/24
Equipo especializado de laboratorio	41,36 horas	mar 23/07/24	mar 30/07/24
Servicios de transporte de muestras	25,36 horas	lun 14/10/24	jue 17/10/24
Mantenimiento preventivo de equipos	33,36 horas	vie 4/10/24	lun 21/10/24
Entrega de equipos de laboratorio	25,36 horas	mar 10/09/24	vie 13/09/24
Registro logístico en bitácora	16 horas	mar 12/11/24	jue 14/11/24
Selección de puntos de muestreo	25,36 horas	vie 20/09/24	mié 25/09/24
Extracción de muestras representativas	33,36 horas	lun 30/09/24	vie 4/10/24
Sellado y rotulación de muestras	25,36 horas	mié 9/10/24	lun 14/10/24
Transporte seguro al laboratorio	24 horas	lun 14/10/24	jue 17/10/24
Extracción de bloques representativos	40 horas	jue 26/09/24	jue 3/10/24
Embalaje y rotulación de material	25,36 horas	jue 3/10/24	vie 11/10/24
Transporte seguro al laboratorio	18,72 horas	vie 11/10/24	vie 18/10/24
Protocolos de muestreo ASTM D75	3,04 horas	lun 30/09/24	lun 30/09/24
Registro fotográfico de actividades	22,64 horas	vie 4/10/24	mié 9/10/24
Acta de recepción de muestras en laboratorio	16 horas	vie 18/10/24	mar 22/10/24
Preparación de tamices	16 horas	vie 1/11/24	mar 5/11/24

<i>Pesado inicial de muestras</i>	16 horas	mar 5/11/24	jue 7/11/24
<i>Tamizado por fracciones</i>	25,36 horas	jue 7/11/24	mar 12/11/24
<i>Registro de pesos retenidos</i>	16 horas	jue 14/11/24	lun 18/11/24
<i>Preparación de muestras secas</i>	16 horas	vie 6/12/24	mar 10/12/24
<i>Saturación y pesado en agua</i>	24 horas	mar 10/12/24	vie 13/12/24
<i>Cálculo de densidad aparente</i>	16 horas	vie 13/12/24	mar 17/12/24
<i>Determinación de absorción porcentual</i>	16 horas	vie 13/12/24	mar 17/12/24
<i>Registro de resultados</i>	9,36 horas	mar 17/12/24	mié 18/12/24
<i>Preparación de solución salina</i>	16 horas	vie 1/11/24	mar 5/11/24
<i>Llenado de cilindros de prueba</i>	16 horas	mar 5/11/24	jue 7/11/24
<i>Decantación de la muestra</i>	24 horas	jue 7/11/24	mar 12/11/24
<i>Lectura de valores en escala</i>	16 horas	mar 12/11/24	jue 14/11/24
<i>Lavado de muestras</i>	16 horas	mar 19/11/24	jue 21/11/24
<i>Secado en horno</i>	24 horas	jue 21/11/24	mar 26/11/24
<i>Pesado de material fino</i>	16 horas	mar 26/11/24	jue 28/11/24
<i>Cálculo de porcentaje de finos</i>	16 horas	jue 28/11/24	lun 2/12/24
<i>Revisión de repetibilidad (desviación $\leq 5\%$)</i>	16 horas	mié 18/12/24	vie 20/12/24
<i>Preparación de tamices grandes</i>	16 horas	vie 17/01/25	mar 21/01/25
<i>Pesado inicial de muestras</i>	16 horas	mar 21/01/25	jue 23/01/25
<i>Tamizado por fracciones</i>	16 horas	jue 23/01/25	lun 27/01/25
<i>Registro de pesos retenidos</i>	16 horas	lun 27/01/25	mié 29/01/25
<i>Saturación de agregados gruesos</i>	1,68 horas	jue 14/11/24	jue 14/11/24
<i>Pesado en aire y agua</i>	3,36 horas	lun 18/11/24	lun 18/11/24
<i>Determinación de absorción porcentual</i>	16 horas	lun 18/11/24	mié 20/11/24
<i>Registro de resultados</i>	8 horas	mié 20/11/24	jue 21/11/24
<i>Selección de partículas representativas</i>	1,68 horas	jue 7/11/24	jue 7/11/24
<i>Clasificación por porcentajes</i>	16 horas	jue 5/12/24	lun 9/12/24
<i>Registro en tablas normativas</i>	16 horas	lun 9/12/24	mié 11/12/24
<i>Preparación de muestra representativa</i>	25,36 horas	vie 31/01/25	mié 5/02/25
<i>Ensayo de vacíos de mortero compactado</i>	33,36 horas	mié 5/02/25	mar 11/02/25
<i>Registro de resultados</i>	16 horas	vie 14/02/25	mar 18/02/25
<i>Validación de repetibilidad</i>	24 horas	vie 21/02/25	mié 26/02/25
<i>Determinación de relación A/C óptima</i>	33,36 horas	lun 17/03/25	vie 21/03/25

<i>Definición de proporciones por volumen y peso</i>	40 horas	mié 26/03/25	mié 2/04/25
<i>Ajuste según trabajabilidad</i>	24 horas	mié 2/04/25	lun 7/04/25
<i>Confección de cilindros de concreto (ASTM C31)</i>	33,36 horas	vie 11/04/25	jue 17/04/25
<i>Curado inicial en laboratorio</i>	25,36 horas	vie 11/04/25	mié 16/04/25
<i>Registro de tiempos de curado</i>	8 horas	lun 21/04/25	jue 24/04/25
<i>Identificación y rotulación de especímenes</i>	16 horas	jue 17/04/25	vie 25/04/25
<i>Almacenamiento en condiciones controladas</i>	24 horas	mié 16/04/25	lun 21/04/25
<i>Ensayo a 7 días</i>	16 horas	mar 22/04/25	jue 24/04/25
<i>Ensayo a 14 días</i>	16 horas	mié 7/05/25	vie 9/05/25
<i>Ensayo a 28 días</i>	24 horas	mar 27/05/25	vie 30/05/25
<i>Registro estadístico de resultados</i>	16 horas	vie 30/05/25	mar 3/06/25
<i>Informe parcial de resultados de agregados finos</i>	24 horas	jue 23/01/25	mar 28/01/25
<i>Informe parcial de resultados de agregados gruesos</i>	24 horas	vie 21/03/25	mié 26/03/25
<i>Informe de mezclas de prueba y resistencia mecánica</i>	24 horas	mié 25/06/25	lun 30/06/25
<i>Validación de calibración de equipos</i>	16 horas	vie 21/03/25	mar 25/03/25
<i>Supervisión de ensayos críticos</i>	24 horas	mar 25/03/25	vie 28/03/25
<i>Verificación de repetibilidad de ensayos</i>	24 horas	lun 21/04/25	jue 24/04/25
<i>Aplicación de listas de chequeo</i>	16 horas	vie 2/05/25	mar 6/05/25
<i>Acciones correctivas implementadas</i>	16 horas	jue 8/05/25	lun 12/05/25
<i>Integración de resultados de ensayos de agregados finos</i>	33,36 horas	vie 17/01/25	jue 23/01/25
<i>Integración de resultados de ensayos de agregados gruesos</i>	33,36 horas	lun 17/03/25	vie 21/03/25
<i>Integración de resultados de mezclas de prueba</i>	41,36 horas	mié 25/06/25	mié 2/07/25
<i>Validación de resistencias de concreto</i>	32 horas	lun 21/07/25	vie 25/07/25
<i>Inclusión de anexos técnicos</i>	40 horas	vie 5/09/25	vie 12/09/25
• Jefe de Planta	633,45 horas	jue 1/02/24	mar 11/11/25
<i>Selección del responsable por Gerencia</i>	5,59 horas	jue 1/02/24	lun 5/02/24
<i>Acta de designación del Project Manager</i>	1,73 horas	lun 5/02/24	mar 6/02/24
<i>Identificación de roles requeridos (técnicos, administrativos)</i>	3,47 horas	mar 6/02/24	jue 8/02/24
<i>Asignación de responsabilidades preliminares</i>	4,8 horas	jue 8/02/24	lun 12/02/24
<i>Validación de disponibilidad de personal</i>	2,67 horas	lun 12/02/24	mié 14/02/24
<i>Definición de propósito y justificación</i>	4,8 horas	vie 16/02/24	mar 20/02/24
<i>Identificación de objetivos generales y específicos</i>	5,21 horas	mar 20/02/24	jue 22/02/24
<i>Establecimiento de alcance preliminar</i>	7,99 horas	jue 22/02/24	mar 27/02/24

<i>Socialización con Gerencia General</i>	1,73 horas	vie 1/03/24	lun 4/03/24
<i>Ajustes según retroalimentación</i>	4,8 horas	lun 4/03/24	mié 6/03/24
<i>Validación de los objetivos estratégicos</i>	3,46 horas	mié 6/03/24	jue 7/03/24
<i>Protocolos de muestreo y ensayo</i>	26,64 horas	mar 2/04/24	lun 8/04/24
<i>Resistencia mínima del concreto modular</i>	16 horas	jue 18/04/24	lun 22/04/24
<i>Ensayos químicos no contemplados</i>	4,32 horas	lun 22/04/24	mar 23/04/24
<i>Espacio de laboratorio</i>	32 horas	mar 12/03/24	lun 18/03/24
<i>Equipos de tamizado y compactación</i>	49,36 horas	lun 18/03/24	mié 27/03/24
<i>Técnicos de laboratorio</i>	32 horas	mié 10/04/24	mar 16/04/24
<i>Stakeholders internos (Gerencia, producción, calidad)</i>	33,36 horas	jue 2/05/24	mié 8/05/24
<i>Riesgos técnicos (fallas de equipos, calibración)</i>	48 horas	lun 15/07/24	mar 23/07/24
<i>Equipo especializado de laboratorio</i>	41,36 horas	mar 23/07/24	mar 30/07/24
<i>Mantenimiento preventivo de equipos</i>	25,36 horas	mar 1/10/24	vie 4/10/24
<i>Arrendamiento de equipos adicionales</i>	41,36 horas	mar 1/10/24	vie 11/10/24
<i>Entrega de equipos de laboratorio</i>	25,36 horas	mar 10/09/24	vie 13/09/24
<i>Confirmación de disponibilidad de insumos</i>	16 horas	vie 20/09/24	mar 24/09/24
<i>Revisión con Gerencia y Producción</i>	25,36 horas	lun 10/03/25	jue 13/03/25
<i>Análisis comparativo con requisitos del proyecto</i>	24 horas	jue 5/06/25	mar 10/06/25
<i>Ajustes de diseño si es necesario</i>	24 horas	mié 18/06/25	lun 23/06/25
<i>Socialización técnica con Gerencia y Producción</i>	16 horas	jue 10/07/25	lun 14/07/25
<i>Seguimiento semanal de avances</i>	16 horas	mar 8/07/25	jue 10/07/25
<i>Propuestas de acciones correctivas</i>	24 horas	lun 21/07/25	jue 24/07/25
<i>Ajuste de secuencias si es necesario</i>	25,36 horas	mié 13/08/25	lun 18/08/25
<i>Activación de planes de contingencia</i>	16 horas	mar 24/12/24	jue 26/12/24
<i>Presentación técnica al área de Producción</i>	25,36 horas	jue 6/11/25	mar 11/11/25
▲ Profesional de Calidad	2.350,34 horas	jue 1/02/24	jue 2/10/25
<i>Selección del responsable por Gerencia</i>	3,73 horas	jue 1/02/24	lun 5/02/24
<i>Identificación de roles requeridos (técnicos, administrativos)</i>	3,47 horas	mar 6/02/24	jue 8/02/24
<i>Mapa preliminar de poder-interés</i>	3,47 horas	mar 13/02/24	vie 16/02/24
<i>Identificación de objetivos generales y específicos</i>	3,47 horas	mar 20/02/24	jue 22/02/24
<i>Establecimiento de alcance preliminar</i>	5,33 horas	jue 22/02/24	mar 27/02/24
<i>Ajustes según retroalimentación</i>	4,8 horas	lun 4/03/24	mié 6/03/24
<i>Archivo en repositorio institucional</i>	0,66 horas	mar 12/03/24	mar 12/03/24

<i>Informe técnico de caracterización de agregados</i>	44 horas	vie 15/03/24	vie 22/03/24
<i>Informe de validación normativa</i>	14,72 horas	lun 8/04/24	jue 18/04/24
<i>Cumplimiento de desviación estándar $\leq 5\%$</i>	17,36 horas	vie 19/04/24	mar 23/04/24
<i>Fuentes no autorizadas de agregados</i>	8,64 horas	mar 23/04/24	mié 24/04/24
<i>Software de análisis estadístico</i>	24 horas	vie 22/03/24	mié 27/03/24
<i>Presupuesto de ensayos de laboratorio</i>	48 horas	jue 4/04/24	vie 19/04/24
<i>Verificación de aprobación formal</i>	17,36 horas	mar 12/03/24	vie 15/03/24
<i>Validación del cronograma inicial</i>	25,36 horas	lun 15/04/24	jue 18/04/24
<i>Acta de declaración del alcance</i>	41,36 horas	jue 2/05/24	jue 9/05/24
<i>Documento de requisitos</i>	58,64 horas	jue 9/05/24	mar 21/05/24
<i>Matriz de trazabilidad de requisitos</i>	42,64 horas	mar 21/05/24	mar 28/05/24
<i>Línea base del alcance</i>	32 horas	mar 28/05/24	lun 3/06/24
<i>Estimación de duración de actividades</i>	25,36 horas	lun 17/06/24	jue 20/06/24
<i>Asignación de contingencias</i>	17,36 horas	mar 9/07/24	jue 11/07/24
<i>Línea base de costos</i>	16 horas	vie 19/07/24	mar 23/07/24
<i>Definición de controles de calidad (Ishikawa, flujos, checklists)</i>	41,36 horas	jue 20/06/24	jue 27/06/24
<i>Plan de inspecciones y auditorías internas</i>	33,36 horas	lun 1/07/24	lun 8/07/24
<i>Aprobación de plan de calidad</i>	17,36 horas	lun 8/07/24	vie 12/07/24
<i>Inducción normativa (ASTM/NTC/NSR-10)</i>	12,64 horas	jue 12/12/24	lun 16/12/24
<i>Capacitación en uso de software de análisis</i>	24 horas	jue 26/12/24	mar 31/12/24
<i>Evaluación de competencias técnicas</i>	37,2 horas	vie 3/01/25	mar 28/01/25
<i>Evaluación periódica de desempeño</i>	40 horas	mié 25/12/24	mié 5/02/25
<i>Stakeholders internos (Gerencia, producción, calidad)</i>	3,64 horas	jue 2/05/24	lun 3/06/24
<i>Formatos estandarizados de informes</i>	33,36 horas	lun 17/06/24	vie 16/08/24
<i>Protocolos de confidencialidad</i>	48 horas	vie 16/08/24	jue 29/08/24
<i>Riesgos técnicos (fallas de equipos, calibración)</i>	48 horas	lun 15/07/24	jue 25/07/24
<i>Riesgos legales/normativos</i>	40 horas	lun 9/09/24	lun 16/09/24
<i>Probabilidad de ocurrencia</i>	33,36 horas	lun 30/09/24	vie 4/10/24
<i>Matriz de priorización de riesgos</i>	48 horas	vie 4/10/24	lun 14/10/24
<i>Simulación de escenarios (Monte Carlo)</i>	57,36 horas	vie 1/11/24	mar 12/11/24
<i>Informe de riesgos cuantificados</i>	34,48 horas	mié 18/12/24	mar 18/02/25
<i>Estrategias de mitigación</i>	33,36 horas	vie 18/10/24	mar 29/10/24
<i>Estrategias de aceptación</i>	3,84 horas	mié 30/10/24	jue 31/10/24

<i>Estrategias de contingencia</i>	32 horas	jue 24/10/24	jue 14/11/24
<i>Plan de monitoreo de riesgos</i>	41,36 horas	mar 19/11/24	mar 26/11/24
<i>Contratación de laboratorios acreditados (ONAC)</i>	42,64 horas	jue 25/07/24	jue 15/08/24
<i>Evaluación de proveedores locales</i>	32 horas	lun 14/10/24	vie 18/10/24
<i>Aplicación de criterios ambientales y sociales</i>	1,6 horas	vie 1/11/24	vie 1/11/24
<i>Auditorías a proveedores críticos</i>	41,36 horas	mar 26/11/24	mié 8/01/25
<i>Certificación ISO 14001 de proveedores</i>	29,28 horas	mié 8/01/25	vie 7/02/25
<i>Validación de riesgos con alcance definido</i>	32 horas	lun 29/07/24	vie 2/08/24
<i>Integración de controles de calidad en cronograma</i>	32 horas	vie 2/08/24	jue 8/08/24
<i>Entrega de plan consolidado</i>	16 horas	lun 12/08/24	mié 14/08/24
<i>Incorporación de recomendaciones</i>	25,36 horas	mar 20/08/24	lun 26/08/24
<i>Validación de trazabilidad de muestras</i>	24 horas	mar 22/10/24	vie 1/11/24
<i>Análisis de curva granulométrica</i>	24 horas	mar 3/12/24	vie 6/12/24
<i>Análisis de cumplimiento normativo</i>	24 horas	jue 14/11/24	mar 19/11/24
<i>Validación frente a norma</i>	16 horas	lun 2/12/24	mié 11/12/24
<i>Comparación con norma NTC 1741</i>	16 horas	vie 20/12/24	mar 31/12/24
<i>Validación con Control de Calidad</i>	16 horas	jue 2/01/25	lun 13/01/25
<i>Firma de aprobación técnica</i>	16 horas	lun 13/01/25	mié 15/01/25
<i>Análisis de curva granulométrica</i>	16 horas	mié 29/01/25	vie 31/01/25
<i>Validación frente a norma ASTM</i>	16 horas	vie 29/11/24	jue 12/12/24
<i>Análisis de cumplimiento NTC</i>	16 horas	mar 24/12/24	jue 2/01/25
<i>Validación con criterios de norma</i>	25,36 horas	mar 18/02/25	vie 21/02/25
<i>Comparación con normas ASTM/NTC</i>	25,36 horas	mié 26/02/25	lun 3/03/25
<i>Firma de aceptación técnica</i>	16 horas	jue 13/03/25	lun 17/03/25
<i>Validación preliminar de diseño</i>	32 horas	lun 7/04/25	vie 11/04/25
<i>Validación con criterios de aceptación</i>	16 horas	mar 3/06/25	jue 5/06/25
<i>Presentación a Control de Calidad</i>	16 horas	lun 16/06/25	mié 18/06/25
<i>Validación final de Gerencia</i>	16 horas	lun 23/06/25	mié 25/06/25
<i>Informe de mezclas de prueba y resistencia mecánica</i>	24 horas	mié 25/06/25	lun 30/06/25
<i>Socialización técnica con Gerencia y Producción</i>	10,48 horas	jue 10/07/25	vie 11/07/25
<i>Propuestas de acciones correctivas</i>	24 horas	mié 30/07/25	vie 22/08/25
<i>Aprobación de cambios de cronograma</i>	17,36 horas	lun 15/09/25	mié 17/09/25
<i>Revisión de fondo de contingencia</i>	0 horas	jue 2/10/25	jue 2/10/25

Verificación de cumplimiento de entregas	16 horas	mar 11/02/25	jue 13/02/25
Validación de calibración de equipos	16 horas	vie 21/03/25	mar 25/03/25
Revisión de formatos de resultados	8 horas	jue 24/04/25	vie 25/04/25
Verificación de repetibilidad de ensayos	24 horas	lun 21/04/25	jue 24/04/25
Informe de conformidad de resultados	16 horas	vie 25/04/25	mar 29/04/25
Programación de auditorías	12,16 horas	mar 29/04/25	mié 30/04/25
Aplicación de listas de chequeo	16 horas	vie 2/05/25	mar 6/05/25
Registro de hallazgos	16 horas	mar 6/05/25	jue 8/05/25
Informe de auditoría a Gerencia	16 horas	jue 15/05/25	lun 19/05/25
Actualización de la matriz de riesgos	16 horas	vie 6/12/24	mar 10/12/24
Evaluación de riesgos emergentes	16 horas	lun 16/12/24	mié 18/12/24
Revisión de estrategias de mitigación	1,52 horas	lun 16/12/24	lun 16/12/24
Informe de riesgos a comité de proyecto	5,28 horas	jue 19/12/24	jue 19/12/24
Evaluación de efectividad de medidas	16 horas	mié 15/01/25	vie 17/01/25
Cierre de riesgos controlados	16 horas	vie 7/02/25	mar 11/02/25
Emisión de informes semanales técnicos	16 horas	mar 8/07/25	vie 18/07/25
Retroalimentación de áreas internas	16 horas	lun 4/08/25	mié 6/08/25
Integración de resultados de ensayos de agregados finos	33,36 horas	vie 17/01/25	jue 23/01/25
Integración de resultados de ensayos de agregados gruesos	33,36 horas	lun 17/03/25	vie 21/03/25
Validación técnica por Control de Calidad	25,36 horas	mié 2/07/25	lun 7/07/25
Informe final consolidado	41,36 horas	mié 9/07/25	vie 18/07/25
Revisión de cumplimiento de normas ASTM/NTC	16 horas	mié 6/08/25	vie 8/08/25
Revisión de desviación estándar $\leq 5\%$	0 horas	lun 21/07/25	lun 21/07/25
Validación de resistencias de concreto	32 horas	lun 21/07/25	vie 25/07/25
Redacción ejecutiva del documento	48 horas	lun 11/08/25	mar 19/08/25
Inclusión de anexos técnicos	40 horas	vie 5/09/25	vie 12/09/25
Identificación de aciertos	25,36 horas	vie 25/07/25	mié 30/07/25
Identificación de errores recurrentes	0 horas	lun 21/07/25	lun 21/07/25
Recomendaciones para futuros proyectos	33,36 horas	vie 1/08/25	jue 21/08/25
▲ Profesional de Comunicaciones	1.215,88 horas	mar 6/02/24	mié 3/12/25
Notificación formal a stakeholders internos	6,05 horas	mar 6/02/24	mié 7/02/24
Registro inicial de stakeholders internos	10,42 horas	mié 7/02/24	vie 9/02/24
Registro inicial de stakeholders externos	13,05 horas	vie 9/02/24	mar 13/02/24

<i>Mapa preliminar de poder-interés</i>	6,94 horas	mar 13/02/24	vie 16/02/24
<i>Socialización con Gerencia General</i>	3,46 horas	vie 1/03/24	lun 4/03/24
<i>Ajustes según retroalimentación</i>	3,2 horas	lun 4/03/24	mié 6/03/24
<i>Firma del patrocinador del proyecto</i>	1,73 horas	jue 7/03/24	lun 11/03/24
<i>Distribución del documento aprobado</i>	4,8 horas	lun 11/03/24	mar 12/03/24
<i>Informe preliminar de interesados</i>	41,36 horas	vie 22/03/24	vie 29/03/24
<i>Archivo en repositorio institucional</i>	16 horas	vie 14/06/24	mar 18/06/24
<i>Identificación detallada de interesados</i>	49,36 horas	vie 29/03/24	lun 8/04/24
<i>Matriz poder-interés</i>	32 horas	vie 12/04/24	jue 18/04/24
<i>Matriz dependencia-influencia</i>	32 horas	lun 8/04/24	vie 12/04/24
<i>Estrategias de comunicación</i>	40 horas	lun 22/04/24	lun 29/04/24
<i>Formato de resolución de conflictos</i>	24 horas	lun 29/04/24	jue 2/05/24
<i>Línea base del alcance</i>	32 horas	mar 28/05/24	lun 3/06/24
<i>Frecuencia de reuniones</i>	16 horas	vie 20/12/24	mar 24/12/24
<i>Protocolos de comunicación formal</i>	24 horas	mar 24/12/24	vie 27/12/24
<i>Estrategia de cohesión de equipo</i>	32 horas	lun 16/12/24	vie 20/12/24
<i>Stakeholders externos (clientes, reguladores, proveedores)</i>	33,36 horas	jue 6/06/24	mié 12/06/24
<i>Medios de comunicación (digitales, impresos, reuniones)</i>	24 horas	lun 3/06/24	jue 6/06/24
<i>Responsables de emisión y recepción</i>	32 horas	vie 16/08/24	jue 22/08/24
<i>Archivo y repositorio digital</i>	38,64 horas	mar 3/09/24	jue 19/09/24
<i>Socialización interna en Concremack</i>	48 horas	vie 27/09/24	lun 7/10/24
<i>Socialización con clientes piloto</i>	49,36 horas	jue 19/09/24	vie 27/09/24
<i>Publicación en repositorio académico/industrial</i>	57,36 horas	jue 17/10/24	lun 28/10/24
<i>Presentaciones ejecutivas con Gerencia</i>	38,64 horas	jue 10/10/24	jue 17/10/24
<i>Riesgos ambientales/sociales</i>	49,36 horas	mar 10/09/24	mié 18/09/24
<i>Revisión de coherencia entre comunicaciones y stakeholders</i>	25,36 horas	lun 29/07/24	jue 1/08/24
<i>Reunión de aprobación</i>	16 horas	mié 14/08/24	vie 16/08/24
<i>Convocatoria a los interesados clave</i>	16 horas	mié 28/08/24	vie 30/08/24
<i>Presentación del plan aprobado</i>	16 horas	vie 30/08/24	mar 3/09/24
<i>Cierre formal de reunión</i>	8,64 horas	lun 9/09/24	mar 10/09/24
<i>Registro fotográfico de actividades</i>	24 horas	lun 7/10/24	jue 10/10/24
<i>Socialización técnica con Gerencia y Producción</i>	16 horas	mar 8/07/25	jue 10/07/25
<i>Presentación ejecutiva mensual</i>	16 horas	vie 18/07/25	mar 22/07/25

<i>Control de versiones documentales</i>	16 horas	vie 25/07/25	mar 29/07/25
<i>Archivo digital en repositorio institucional</i>	16 horas	lun 4/08/25	mié 6/08/25
<i>Encuestas de satisfacción a clientes piloto</i>	25,36 horas	mar 22/07/25	mié 30/07/25
<i>Ajuste de estrategias de comunicación</i>	33,36 horas	mar 12/08/25	lun 18/08/25
<i>Resolución de conflictos reportados</i>	25,36 horas	lun 18/08/25	jue 21/08/25
<i>Validación final de interesados clave</i>	33,36 horas	mar 26/08/25	lun 1/09/25
<i>Distribución a stakeholders clave</i>	24 horas	mié 17/09/25	lun 22/09/25
<i>Reunión de socialización interna</i>	24 horas	jue 21/08/25	mar 26/08/25
<i>Subida a repositorio digital institucional</i>	25,36 horas	mié 12/11/25	lun 17/11/25
<i>Presentación ejecutiva a Gerencia</i>	24 horas	mar 18/11/25	vie 21/11/25
<i>Presentación a clientes piloto</i>	24 horas	vie 21/11/25	mié 26/11/25
<i>Socialización con comunidades locales</i>	32 horas	jue 6/11/25	lun 1/12/25
<i>Registro audiovisual de la presentación</i>	16 horas	lun 1/12/25	mié 3/12/25
▲ Personal Administrativo y Financiero	2.636,08 horas	jue 1/02/24	jue 4/12/25
<i>Selección del responsable por Gerencia</i>	7,46 horas	jue 1/02/24	lun 5/02/24
<i>Acta de designación del Project Manager</i>	5,18 horas	lun 5/02/24	mar 6/02/24
<i>Notificación formal a stakeholders internos</i>	0,86 horas	mar 6/02/24	mié 7/02/24
<i>Identificación de roles requeridos (técnicos, administrativos)</i>	5,21 horas	mar 6/02/24	jue 8/02/24
<i>Asignación de responsabilidades preliminares</i>	3,2 horas	jue 8/02/24	lun 12/02/24
<i>Validación de disponibilidad de personal</i>	8,02 horas	lun 12/02/24	mié 14/02/24
<i>Registro inicial de stakeholders internos</i>	3,47 horas	mié 7/02/24	vie 9/02/24
<i>Definición de propósito y justificación</i>	3,2 horas	vie 16/02/24	mar 20/02/24
<i>Definición de cronograma y presupuesto estimado</i>	12,68 horas	mar 27/02/24	vie 1/03/24
<i>Validación de los objetivos estratégicos</i>	2,59 horas	mié 6/03/24	jue 7/03/24
<i>Firma del patrocinador del proyecto</i>	3,46 horas	jue 7/03/24	lun 11/03/24
<i>Distribución del documento aprobado</i>	3,2 horas	lun 11/03/24	mar 12/03/24
<i>Archivo en repositorio institucional</i>	5,31 horas	mar 12/03/24	mar 12/03/24
<i>Software de análisis estadístico</i>	24 horas	lun 25/03/24	mar 23/04/24
<i>Auxiliares administrativos</i>	24 horas	mar 30/04/24	vie 3/05/24
<i>Presupuesto de muestreo</i>	40 horas	mar 12/03/24	jue 4/04/24
<i>Presupuesto de ensayos de laboratorio</i>	48 horas	mar 9/04/24	mar 23/04/24
<i>Fondo de contingencia inicial</i>	17,36 horas	mar 23/04/24	jue 25/04/24
<i>Project Charter aprobado</i>	25,36 horas	mar 12/03/24	lun 18/03/24

<i>Acta de constitución registrada</i>	33,36 horas	<i>lun 18/03/24</i>	<i>vie 22/03/24</i>
<i>Confirmación de disponibilidad de recursos</i>	32 horas	<i>vie 22/03/24</i>	<i>lun 15/04/24</i>
<i>Redacción del acta de cierre de fase</i>	17,36 horas	<i>jue 25/04/24</i>	<i>mar 30/04/24</i>
<i>Archivo en repositorio institucional</i>	16 horas	<i>lun 17/06/24</i>	<i>mié 19/06/24</i>
<i>Matriz poder-interés</i>	32 horas	<i>lun 8/04/24</i>	<i>lun 22/04/24</i>
<i>Matriz de trazabilidad de requisitos</i>	42,64 horas	<i>mar 21/05/24</i>	<i>mar 28/05/24</i>
<i>Actas de cierre de fases</i>	33,36 horas	<i>jue 9/05/24</i>	<i>mié 15/05/24</i>
<i>Secuenciación de actividades</i>	25,36 horas	<i>mié 5/06/24</i>	<i>lun 10/06/24</i>
<i>Desarrollo del cronograma base</i>	41,36 horas	<i>mar 25/06/24</i>	<i>lun 15/07/24</i>
<i>Estimación de costos por recurso</i>	41,36 horas	<i>mié 26/06/24</i>	<i>mié 3/07/24</i>
<i>Estimación de costos indirectos</i>	25,36 horas	<i>mié 3/07/24</i>	<i>mar 9/07/24</i>
<i>Presupuesto consolidado del proyecto</i>	32 horas	<i>lun 15/07/24</i>	<i>vie 19/07/24</i>
<i>Línea base de costos</i>	16 horas	<i>vie 19/07/24</i>	<i>mar 23/07/24</i>
<i>Auxiliares administrativos</i>	6,08 horas	<i>mié 4/12/24</i>	<i>jue 5/12/24</i>
<i>Reglas de operación interna</i>	24 horas	<i>mié 11/12/24</i>	<i>lun 16/12/24</i>
<i>Evaluación periódica de desempeño</i>	40 horas	<i>jue 26/12/24</i>	<i>lun 6/01/25</i>
<i>Frecuencia de reportes ejecutivos</i>	32 horas	<i>mar 11/06/24</i>	<i>lun 17/06/24</i>
<i>Formatos estandarizados de informes</i>	41,36 horas	<i>mié 19/06/24</i>	<i>mar 6/08/24</i>
<i>Archivo y repositorio digital</i>	32,56 horas	<i>vie 30/08/24</i>	<i>vie 13/09/24</i>
<i>Registro de actas de socialización</i>	32 horas	<i>mar 29/10/24</i>	<i>lun 4/11/24</i>
<i>Riesgos financieros (sobrecostos)</i>	48 horas	<i>mié 11/09/24</i>	<i>mié 25/09/24</i>
<i>Impacto potencial</i>	33,36 horas	<i>lun 30/09/24</i>	<i>vie 4/10/24</i>
<i>Estimación monetaria de impacto</i>	49,36 horas	<i>lun 14/10/24</i>	<i>jue 24/10/24</i>
<i>Valor esperado de riesgos críticos</i>	41,36 horas	<i>lun 4/11/24</i>	<i>lun 11/11/24</i>
<i>Estimación de reservas de contingencia</i>	40,8 horas	<i>jue 21/11/24</i>	<i>jue 28/11/24</i>
<i>Estrategias de transferencia</i>	25,36 horas	<i>jue 24/10/24</i>	<i>mar 29/10/24</i>
<i>EPP y elementos de seguridad</i>	0 horas	<i>mar 23/07/24</i>	<i>mar 23/07/24</i>
<i>Contratación de laboratorios acreditados (ONAC)</i>	42,64 horas	<i>lun 29/07/24</i>	<i>lun 5/08/24</i>
<i>Arrendamiento de equipos adicionales</i>	25,36 horas	<i>jue 10/10/24</i>	<i>mar 19/11/24</i>
<i>Servicios de disposición de residuos peligrosos</i>	0 horas	<i>mar 1/10/24</i>	<i>mar 1/10/24</i>
<i>Evaluación de proveedores locales</i>	32 horas	<i>vie 4/10/24</i>	<i>jue 10/10/24</i>
<i>Políticas de compras responsables</i>	16 horas	<i>lun 11/11/24</i>	<i>lun 18/11/24</i>
<i>Revisión de consistencia entre cronograma y costos</i>	33,36 horas	<i>mar 23/07/24</i>	<i>lun 29/07/24</i>

Ajustes finales de documentos	16 horas	jue 8/08/24	lun 12/08/24
Registro de observaciones	16 horas	vie 16/08/24	mar 20/08/24
Acta de aprobación de la fase de planificación	17,36 horas	lun 26/08/24	mié 28/08/24
Convocatoria a los interesados clave	16 horas	mié 28/08/24	vie 30/08/24
Registro en acta de compromisos iniciales	16 horas	mar 3/09/24	jue 5/09/24
Distribución de documentos base	16 horas	jue 5/09/24	lun 9/09/24
Entrega de elementos de seguridad (EPP)	16 horas	mar 10/09/24	vie 20/09/24
Confirmación de disponibilidad de insumos	16 horas	vie 20/09/24	mar 24/09/24
Registro logístico en bitácora	16 horas	mar 19/11/24	lun 2/12/24
Acta de recepción de muestras en laboratorio	16 horas	vie 18/10/24	mar 22/10/24
Registro de pesos retenidos	16 horas	mar 12/11/24	jue 14/11/24
Registro de resultados	9,36 horas	mar 17/12/24	mié 18/12/24
Elaboración de informe preliminar	16 horas	mar 31/12/24	jue 2/01/25
Registro de pesos retenidos	16 horas	lun 27/01/25	mié 29/01/25
Registro de resultados	16 horas	mié 20/11/24	vie 29/11/24
Registro en tablas normativas	16 horas	lun 9/12/24	mié 11/12/24
Registro de resultados	16 horas	vie 14/02/25	mar 18/02/25
Elaboración de informe preliminar	33,36 horas	mar 4/03/25	lun 10/03/25
Registro de tiempos de curado	16 horas	mié 16/04/25	vie 18/04/25
Registro estadístico de resultados	16 horas	vie 30/05/25	mar 3/06/25
Elaboración de informe técnico	25,36 horas	mar 10/06/25	lun 16/06/25
Informe parcial de resultados de agregados finos	24 horas	vie 17/01/25	mié 22/01/25
Informe parcial de resultados de agregados gruesos	24 horas	lun 17/03/25	jue 20/03/25
Consolidación de informes preliminares	25,36 horas	jue 3/07/25	mar 8/07/25
Identificación de ruta crítica	24 horas	lun 30/06/25	mar 8/07/25
Reporte de hitos alcanzados	2,72 horas	mié 23/07/25	mié 23/07/25
Registro de avances reales	16 horas	lun 21/07/25	jue 7/08/25
Informe quincenal de variaciones	16 horas	jue 11/09/25	lun 15/09/25
Registro de costos reales vs. planificados	25,36 horas	mié 25/06/25	lun 30/06/25
Reporte mensual de ejecución presupuestal	18,56 horas	vie 11/07/25	mar 15/07/25
Identificación de sobrecostos	25,36 horas	mar 8/07/25	jue 2/10/25
Reporte consolidado a la Gerencia	16 horas	vie 17/10/25	mar 21/10/25
Validación de facturas de proveedores	21,28 horas	lun 4/08/25	jue 7/08/25

<i>Revisión de contratos de servicios externos</i>	14,48 horas	mar 26/08/25	jue 2/10/25
<i>Seguimiento a pagos pendientes</i>	9,2 horas	jue 7/08/25	jue 13/11/25
<i>Informe financiero a stakeholders</i>	25,36 horas	mar 25/11/25	vie 28/11/25
<i>Revisión de formatos de resultados</i>	16 horas	lun 21/04/25	mié 23/04/25
<i>Informe de conformidad de resultados</i>	16 horas	vie 25/04/25	mar 29/04/25
<i>Registro de hallazgos</i>	8,56 horas	mar 6/05/25	mié 7/05/25
<i>Informe de riesgos a comité de proyecto</i>	16 horas	jue 19/12/24	lun 23/12/24
<i>Gestión de reclamos contractuales</i>	16 horas	mar 24/12/24	jue 26/12/24
<i>Registro de actas de reuniones</i>	16 horas	mié 23/07/25	vie 25/07/25
<i>Control de versiones documentales</i>	16 horas	jue 31/07/25	lun 4/08/25
<i>Archivo digital en repositorio institucional</i>	10,56 horas	lun 25/08/25	mar 26/08/25
<i>Retroalimentación de áreas internas</i>	21,28 horas	mar 22/07/25	jue 31/07/25
<i>Informe final consolidado</i>	41,36 horas	mié 9/07/25	lun 21/07/25
<i>Validación de documentación entregada</i>	13,44 horas	vie 25/07/25	mar 29/07/25
<i>Revisión de cumplimiento de entregas</i>	24 horas	lun 11/08/25	jue 14/08/25
<i>Validación de facturas pendientes</i>	24 horas	jue 14/08/25	mar 19/08/25
<i>Cierre financiero de contratos</i>	32 horas	mar 19/08/25	lun 25/08/25
<i>Acta de cierre con proveedores</i>	24 horas	jue 18/09/25	mar 23/09/25
<i>Archivo de contratos cerrados</i>	24 horas	mar 23/09/25	vie 26/09/25
<i>Conciliación de costos reales vs. presupuestados</i>	25,36 horas	vie 26/09/25	mié 1/10/25
<i>Informe de ejecución presupuestal</i>	33,36 horas	mié 1/10/25	vie 10/10/25
<i>Registro de ahorros o sobrecostos</i>	14,64 horas	mar 7/10/25	jue 9/10/25
<i>Informe financiero final</i>	40 horas	vie 10/10/25	vie 17/10/25
<i>Redacción ejecutiva del documento</i>	48 horas	jue 28/08/25	vie 5/09/25
<i>Revisión de estilo y formato ICONTEC/APA</i>	32 horas	vie 5/09/25	jue 11/09/25
<i>Reunión de socialización interna</i>	24 horas	lun 15/09/25	jue 18/09/25
<i>Archivo en repositorio de conocimiento</i>	16 horas	mar 2/12/25	jue 4/12/25
<i>Clasificación de documentos físicos</i>	24 horas	mar 21/10/25	mar 28/10/25
<i>Digitalización de documentos clave</i>	33,36 horas	jue 6/11/25	mié 12/11/25
<i>Subida a repositorio digital institucional</i>	1,36 horas	mié 12/11/25	mié 12/11/25
<i>Control de acceso a la información</i>	24 horas	lun 17/11/25	jue 20/11/25
<i>Custodia de informes finales</i>	25,36 horas	jue 20/11/25	mar 25/11/25
<i>Redacción del acta final</i>	16 horas	mié 22/10/25	vie 24/10/25

<i>Firma de Gerencia General</i>	16 horas	vie 31/10/25	mar 4/11/25
<i>Firma de stakeholders clave</i>	24 horas	mar 28/10/25	vie 31/10/25
<i>Registro y archivo institucional</i>	16 horas	mar 4/11/25	jue 6/11/25
<i>Cierre de roles administrativos</i>	16 horas	jue 13/11/25	lun 17/11/25
<i>Acta de disolución del equipo</i>	16 horas	vie 28/11/25	mar 2/12/25
▲ Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)	648,4 horas	mar 2/04/24	mar 18/11/25
<i>Protocolos de muestreo y ensayo</i>	26,64 horas	mar 2/04/24	lun 8/04/24
<i>Actividades de extracción y licenciamiento</i>	4,32 horas	jue 18/04/24	vie 19/04/24
<i>Formato de resolución de conflictos</i>	24 horas	lun 29/04/24	jue 2/05/24
<i>Coordinador de seguridad</i>	32 horas	mié 4/12/24	mar 10/12/24
<i>Capacitación en seguridad industrial</i>	33,36 horas	jue 19/12/24	vie 27/12/24
<i>Estrategia de cohesión de equipo</i>	24 horas	lun 16/12/24	jue 19/12/24
<i>Riesgos legales/normativos</i>	40 horas	lun 9/09/24	mar 1/10/24
<i>Riesgos ambientales/sociales</i>	49,36 horas	lun 9/09/24	mar 17/09/24
<i>Estrategias de mitigación</i>	33,36 horas	lun 14/10/24	vie 18/10/24
<i>Estrategias de contingencia</i>	32 horas	vie 18/10/24	jue 24/10/24
<i>Plan de monitoreo de riesgos</i>	41,36 horas	jue 14/11/24	jue 21/11/24
<i>EPP y elementos de seguridad</i>	16 horas	mar 23/07/24	jue 25/07/24
<i>Servicios de disposición de residuos peligrosos</i>	32 horas	mar 1/10/24	mié 9/10/24
<i>Aplicación de criterios ambientales y sociales</i>	25,36 horas	jue 24/10/24	mar 29/10/24
<i>Certificación ISO 14001 de proveedores</i>	50,64 horas	mié 8/01/25	jue 16/01/25
<i>Entrega de elementos de seguridad (EPP)</i>	16 horas	mar 17/09/24	jue 19/09/24
<i>Verificación de permisos y accesos</i>	24 horas	vie 20/09/24	mié 25/09/24
<i>Registro de condiciones ambientales</i>	16 horas	vie 4/10/24	mar 8/10/24
<i>Actualización de la matriz de riesgos</i>	16 horas	mar 26/11/24	jue 28/11/24
<i>Evaluación de riesgos emergentes</i>	16 horas	mar 10/12/24	jue 12/12/24
<i>Registro de incidentes críticos</i>	16 horas	jue 12/12/24	lun 16/12/24
<i>Activación de planes de contingencia</i>	16 horas	mar 24/12/24	jue 26/12/24
<i>Implementación de medidas de control</i>	16 horas	vie 27/12/24	mar 31/12/24
<i>Evaluación de efectividad de medidas</i>	16 horas	mar 7/01/25	vie 17/01/25
<i>Socialización con comunidades locales</i>	32 horas	jue 6/11/25	mar 18/11/25
▲ Proveedores de Agregados Finos	5,02	jue 18/04/24	mar 2/09/25
<i>Fuentes no autorizadas de agregados</i>	0	jue 18/04/24	jue 18/04/24

Actividades de extracción y licenciamiento	0	jue 18/04/24	jue 18/04/24
Agregados finos de río Magdalena	1	mar 23/07/24	vie 26/07/24
Coordinación con proveedores de agregados	0,02	jue 7/11/24	jue 7/11/24
Identificación de canteras de origen	1	vie 20/09/24	jue 26/09/24
Extracción de bloques representativos	1	jue 26/09/24	jue 3/10/24
Selección de aditivos (si aplica)	1	vie 21/03/25	mié 26/03/25
Acta de cierre con proveedores	1	jue 28/08/25	mar 2/09/25
▲ Proveedores de Agregados Gruesos	4,17	jue 18/04/24	mar 2/09/25
Fuentes no autorizadas de agregados	0	jue 18/04/24	jue 18/04/24
Actividades de extracción y licenciamiento	0	jue 18/04/24	jue 18/04/24
Agregados gruesos de río Guayuribo	0,15	vie 26/07/24	lun 29/07/24
Coordinación con proveedores de agregados	0,02	jue 7/11/24	jue 7/11/24
Identificación de canteras de origen	1	vie 20/09/24	jue 26/09/24
Extracción de bloques representativos	1	jue 26/09/24	jue 3/10/24
Selección de aditivos (si aplica)	1	vie 21/03/25	mié 26/03/25
Acta de cierre con proveedores	1	jue 28/08/25	mar 2/09/25
▲ Aditivos Químicos	1	mar 23/07/24	jue 25/07/24
Reactivos químicos de ensayo	1	mar 23/07/24	jue 25/07/24
▲ Energía Eléctrica Planta	1	jue 21/11/24	mar 26/11/24
Secado en horno	1	jue 21/11/24	mar 26/11/24
▲ Transporte y Logística	222,3 horas	jue 7/03/24	mié 23/10/24
Firma del patrocinador del proyecto	0,86 horas	jue 7/03/24	lun 11/03/24
Agregados finos de río Magdalena	25,36 horas	mar 23/07/24	vie 26/07/24
Agregados gruesos de río Guayuribo	3,92 horas	vie 26/07/24	lun 29/07/24
Servicios de transporte de muestras	25,36 horas	jue 10/10/24	mié 23/10/24
Servicios de disposición de residuos peligrosos	32 horas	vie 4/10/24	jue 10/10/24
Planificación de transporte de muestras	25,36 horas	mar 10/09/24	vie 13/09/24
Programación de visitas a fuentes de agregados	33,36 horas	vie 13/09/24	vie 20/09/24
Extracción de muestras representativas	33,36 horas	lun 30/09/24	vie 4/10/24
Transporte seguro al laboratorio	24 horas	lun 14/10/24	jue 17/10/24
Transporte seguro al laboratorio	18,72 horas	vie 11/10/24	vie 18/10/24

Apéndice E. PRESUPUESTO POR ACTIVIDADES

EDT	Nombre de tarea	Costo	Duración
1	▄ Evaluación de composición y morfología en agregados finos y gruesos para elaboración de concreto modular en Concremack S.A.S.	\$ 812.841.525,93	480,97 días
1.1	▄ Inicio del Proyecto	\$ 99.147.643,20	99,58 días
1.1.1	▄ Preparación inicial del proyecto	\$ 9.013.600,00	11,16 días
1.1.1.1	▄ Nombramiento del Project Manager	\$ 1.983.800,00	4,49 días
1.1.1.1.1	Selección del responsable por Gerencia	\$ 959.960,00	2,33 días
1.1.1.1.2	Acta de designación del Project Manager	\$ 509.760,00	1,08 días
1.1.1.1.3	Notificación formal a stakeholders internos	\$ 514.080,00	1,08 días
1.1.1.2	▄ Conformación del equipo de trabajo	\$ 3.417.040,00	5,84 días
1.1.1.2.1	Identificación de roles requeridos (técnicos, administrativos)	\$ 1.388.800,00	2,17 días
1.1.1.2.2	Asignación de responsabilidades preliminares	\$ 1.240.000,00	2 días
1.1.1.2.3	Validación de disponibilidad de personal	\$ 788.240,00	1,67 días
1.1.1.3	▄ Identificación de interesados preliminares	\$ 3.612.760,00	6,67 días
1.1.1.3.1	Registro inicial de stakeholders internos	\$ 1.163.120,00	2,17 días
1.1.1.3.2	Registro inicial de stakeholders externos	\$ 1.165.000,00	2,33 días
1.1.1.3.3	Mapa preliminar de poder–interés	\$ 1.284.640,00	2,17 días
1.1.2	▄ Elaboración del Project Charter	\$ 13.016.443,20	17,74 días
1.1.2.1	▄ Redacción del Acta de Constitución	\$ 8.418.800,00	10,67 días
1.1.2.1.1	Definición de propósito y justificación	\$ 1.240.000,00	2 días
1.1.2.1.2	Identificación de objetivos generales y específicos	\$ 1.744.680,00	2,17 días
1.1.2.1.3	Establecimiento de alcance preliminar	\$ 3.050.280,00	3,33 días
1.1.2.1.4	Definición de cronograma y presupuesto estimado	\$ 2.383.840,00	3,17 días
1.1.2.2	▄ Revisión del borrador del Project Charter	\$ 3.408.960,00	4,16 días
1.1.2.2.1	Socialización con Gerencia General	\$ 648.000,00	1,08 días
1.1.2.2.2	Ajustes según retroalimentación	\$ 1.992.000,00	2 días
1.1.2.2.3	Validación de los objetivos estratégicos	\$ 768.960,00	1,08 días
1.1.2.3	▄ Aprobación formal del Project Charter	\$ 1.188.683,20	2,91 días
1.1.2.3.1	Firma del patrocinador del proyecto	\$ 406.123,20	1,08 días
1.1.2.3.2	Distribución del documento aprobado	\$ 424.000,00	1 día
1.1.2.3.3	Archivo en repositorio institucional	\$ 358.560,00	0,83 días
1.1.3	▄ Definición preliminar de alcance	\$ 24.676.000,00	33,34 días
1.1.3.1	▄ Identificación de entregables iniciales	\$ 15.999.200,00	26,58 días
1.1.3.1.1	Informe técnico de caracterización de agregados	\$ 7.480.000,00	9,5 días
1.1.3.1.2	Protocolos de muestreo y ensayo	\$ 5.860.800,00	3,33 días

1.1.3.1.3	Informe de validación normativa	\$ 2.658.400,00	3,5 días	I
1.1.3.2	▀ Establecimiento de criterios de aceptación iniciales	\$ 7.470.400,00	6,76 días	J
1.1.3.2.1	Resistencia mínima del concreto modular	\$ 2.609.600,00	5,66 días	J
1.1.3.2.2	Límites granulométricos	\$ 1.909.600,00	2,17 días	J
1.1.3.2.3	Cumplimiento de desviación estándar $\leq 5\%$	\$ 2.951.200,00	5,01 días	J
1.1.3.3	▀ Registro de exclusiones iniciales	\$ 1.206.400,00	3,92 días	J
1.1.3.3.1	Fuentes no autorizadas de agregados	\$ 538.400,00	1,08 días	J
1.1.3.3.2	Ensayos químicos no contemplados	\$ 453.600,00	0,89 días	J
1.1.3.3.3	Actividades de extracción y licenciamiento	\$ 214.400,00	0,54 días	J
1.1.4	▀ Aseguramiento de recursos iniciales	\$ 32.481.200,00	37,25 días	I
1.1.4.1	▀ Identificación de necesidades de infraestructura	\$ 17.438.000,00	29,91 días	I
1.1.4.1.1	Espacio de laboratorio	\$ 5.600.000,00	4 días	I
1.1.4.1.2	Equipos de tamizado y compactación	\$ 8.638.000,00	12,34 días	I
1.1.4.1.3	Software de análisis estadístico	\$ 3.200.000,00	5 días	I
1.1.4.2	▀ Estimación de recursos humanos iniciales	\$ 6.895.200,00	33,25 días	I
1.1.4.2.1	Ingeniero de materiales	\$ 2.335.200,00	4,17 días	I
1.1.4.2.2	Técnicos de laboratorio	\$ 3.360.000,00	4 días	I
1.1.4.2.3	Auxiliares administrativos	\$ 1.200.000,00	3 días	I
1.1.4.3	▀ Estimación de recursos financieros iniciales	\$ 8.148.000,00	33,58 días	I
1.1.4.3.1	Presupuesto de muestreo	\$ 2.000.000,00	5 días	I
1.1.4.3.2	Presupuesto de ensayos de laboratorio	\$ 5.280.000,00	9,32 días	J
1.1.4.3.3	Fondo de contingencia inicial	\$ 868.000,00	2,17 días	I
1.1.5	▀ Cierre de fase de inicio	\$ 19.960.400,00	70,68 días	I
1.1.5.1	▀ Consolidación de entregables de inicio	\$ 13.217.200,00	12,51 días	I
1.1.5.1.1	Project Charter aprobado	\$ 3.296.800,00	3,17 días	I
1.1.5.1.2	Acta de constitución registrada	\$ 4.336.800,00	4,17 días	I
1.1.5.1.3	Informe preliminar de interesados	\$ 5.583.600,00	5,17 días	V
1.1.5.2	▀ Revisión de cumplimiento de criterios de inicio	\$ 4.163.200,00	29,58 días	I
1.1.5.2.1	Verificación de aprobación formal	\$ 1.041.600,00	2,17 días	I
1.1.5.2.2	Confirmación de disponibilidad de recursos	\$ 1.600.000,00	4 días	I
1.1.5.2.3	Validación del cronograma inicial	\$ 1.521.600,00	3,17 días	I
1.1.5.3	▀ Acta de cierre de inicio	\$ 2.580.000,00	41,1 días	I
1.1.5.3.1	Redacción del acta de cierre de fase	\$ 868.000,00	2,17 días	I
1.1.5.3.2	Aprobación de la Gerencia General	\$ 32.000,00	0,05 días	I

1.1.5.3.3	Archivo en repositorio institucional	\$ 1.680.000,00	2,83 días
1.2	▀ Planificación del Proyecto	\$ 318.898.797,93	232,01 días
1.2.1	▀ Desarrollo del Plan de Gestión del Proyecto	\$ 105.050.800,00	82,02 días
1.2.1.1	▀ Plan de Gestión de Interesados	\$ 24.063.600,00	24,17 días
1.2.1.1.1	Identificación detallada de interesados	\$ 6.663.600,00	6,17 días
1.2.1.1.2	Matriz poder–interés	\$ 5.920.000,00	10 días
1.2.1.1.3	Matriz dependencia–influencia	\$ 1.760.000,00	4 días
1.2.1.1.4	Estrategias de comunicación	\$ 5.400.000,00	5 días
1.2.1.1.5	Formato de resolución de conflictos	\$ 4.320.000,00	3 días
1.2.1.2	▀ Plan de Gestión del Alcance	\$ 34.114.400,00	21,83 días
1.2.1.2.1	Acta de declaración del alcance	\$ 5.790.400,00	5,17 días
1.2.1.2.2	Documento de requisitos	\$ 12.314.400,00	7,33 días
1.2.1.2.3	Matriz de trazabilidad de requisitos	\$ 8.101.600,00	5,33 días
1.2.1.2.4	Actas de cierre de fases	\$ 1.668.000,00	4,17 días
1.2.1.2.5	Línea base del alcance	\$ 6.240.000,00	4 días
1.2.1.3	▀ Plan de Gestión del Cronograma	\$ 13.541.600,00	30,02 días
1.2.1.3.1	Definición de actividades	\$ 2.604.000,00	2,17 días
1.2.1.3.2	Secuenciación de actividades	\$ 1.268.000,00	3,17 días
1.2.1.3.3	Estimación de recursos por actividad	\$ 6.080.000,00	8 días
1.2.1.3.4	Estimación de duración de actividades	\$ 1.521.600,00	3,17 días
1.2.1.3.5	Desarrollo del cronograma base	\$ 2.068.000,00	5,17 días
1.2.1.4	▀ Plan de Gestión de Costos	\$ 15.744.000,00	25,85 días
1.2.1.4.1	Estimación de costos por recurso	\$ 5.376.800,00	10,34 días
1.2.1.4.2	Estimación de costos indirectos	\$ 3.296.800,00	3,17 días
1.2.1.4.3	Asignación de contingencias	\$ 2.430.400,00	2,17 días
1.2.1.4.4	Presupuesto consolidado del proyecto	\$ 1.600.000,00	4 días
1.2.1.4.5	Línea base de costos	\$ 3.040.000,00	2 días
1.2.1.5	▀ Plan de Gestión de Calidad	\$ 17.587.200,00	30,02 días
1.2.1.5.1	Definición de requerimientos técnicos (ASTM/NTC)	\$ 2.240.000,00	4 días
1.2.1.5.2	Especificaciones de ensayo de agregados	\$ 2.789.600,00	5,34 días
1.2.1.5.3	Definición de controles de calidad (Ishikawa, flujos, checklists)	\$ 5.790.400,00	7,17 días
1.2.1.5.4	Plan de inspecciones y auditorías internas	\$ 4.336.800,00	4,17 días
1.2.1.5.5	Aprobación de plan de calidad	\$ 2.430.400,00	3,17 días

1.2.2	▄ Plan de Gestión de Recursos Humanos	\$ 36.853.200,00	67,71 días
1.2.2.1	▄ Identificación de roles y responsabilidades	\$ 6.533.600,00	26,75 días
1.2.2.1.1	Project Manager	\$ 1.920.000,00	3 días
1.2.2.1.2	Ingeniero de Materiales	\$ 1.215.200,00	2,17 días
1.2.2.1.3	Técnicos de laboratorio	\$ 1.654.400,00	5,17 días
1.2.2.1.4	Auxiliares administrativos	\$ 304.000,00	0,76 días
1.2.2.1.5	Coordinador de seguridad	\$ 1.440.000,00	4 días
1.2.2.2	▄ Plan de capacitación del personal	\$ 15.359.600,00	39,08 días
1.2.2.2.1	Inducción normativa (ASTM/NTC/NSR-10)	\$ 4.358.400,00	5,41 días
1.2.2.2.2	Capacitación en seguridad industrial	\$ 2.269.200,00	5,37 días
1.2.2.2.3	Capacitación en uso de software de análisis	\$ 3.424.800,00	6 días
1.2.2.2.4	Talleres de buenas prácticas de muestreo	\$ 3.075.200,00	5,97 días
1.2.2.2.5	Evaluación de competencias técnicas	\$ 2.232.000,00	4,65 días
1.2.2.3	▄ Plan de gestión de equipos de trabajo	\$ 14.960.000,00	40,96 días
1.2.2.3.1	Reglas de operación interna	\$ 3.120.000,00	3,83 días
1.2.2.3.2	Frecuencia de reuniones	\$ 880.000,00	2 días
1.2.2.3.3	Protocolos de comunicación formal	\$ 1.320.000,00	3 días
1.2.2.3.4	Estrategia de cohesión de equipo	\$ 4.670.400,00	4 días
1.2.2.3.5	Evaluación periódica de desempeño	\$ 4.969.600,00	9,74 días
1.2.3	▄ Plan de Gestión de Comunicaciones	\$ 46.828.000,00	134,59 días
1.2.3.1	▄ Identificación de necesidades de comunicación	\$ 5.541.600,00	30,21 días
1.2.3.1.1	Stakeholders internos (Gerencia, producción, calidad)	\$ 2.386.800,00	4,21 días
1.2.3.1.2	Stakeholders externos (clientes, reguladores, proveedores)	\$ 1.834.800,00	4,17 días
1.2.3.1.3	Medios de comunicación (digitales, impresos, reuniones)	\$ 1.320.000,00	3 días
1.2.3.2	▄ Matriz de comunicaciones	\$ 14.062.800,00	71,91 días
1.2.3.2.1	Frecuencia de reportes ejecutivos	\$ 1.600.000,00	4 días
1.2.3.2.2	Formatos estandarizados de informes	\$ 4.069.600,00	9,34 días
1.2.3.2.3	Responsables de emisión y recepción	\$ 1.760.000,00	4 días
1.2.3.2.4	Protocolos de confidencialidad	\$ 2.880.000,00	6 días
1.2.3.2.5	Archivo y repositorio digital	\$ 3.753.200,00	8,9 días
1.2.3.3	▄ Estrategia de socialización de resultados	\$ 27.223.600,00	34,81 días
1.2.3.3.1	Socialización interna en Concremack	\$ 6.480.000,00	11,81 días
1.2.3.3.2	Socialización con clientes piloto	\$ 5.121.200,00	9,93 días

1.2.3.3.3	Publicación en repositorio académico/industrial	\$ 7.743.600,00	11,81 días
1.2.3.3.4	Presentaciones ejecutivas con Gerencia	\$ 3.718.800,00	5,3 días
1.2.3.3.5	Registro de actas de socialización	\$ 4.160.000,00	8 días
1.2.4	▀ Plan de Gestión de Riesgos	\$ 70.979.200,00	155,99 días
1.2.4.1	▀ Identificación de riesgos	\$ 36.284.800,00	55,98 días
1.2.4.1.1	Riesgos técnicos (fallas de equipos, calibración)	\$ 13.200.000,00	10 días
1.2.4.1.2	Riesgos operativos (retrasos en ensayos)	\$ 7.600.000,00	7,34 días
1.2.4.1.3	Riesgos financieros (sobrecostos)	\$ 2.400.000,00	6 días
1.2.4.1.4	Riesgos legales/normativos	\$ 4.200.000,00	9,62 días
1.2.4.1.5	Riesgos ambientales/sociales	\$ 8.884.800,00	13,08 días
1.2.4.2	▀ Análisis cualitativo de riesgos	\$ 6.549.600,00	10,17 días
1.2.4.2.1	Probabilidad de ocurrencia	\$ 2.001.600,00	4,17 días
1.2.4.2.2	Impacto potencial	\$ 1.668.000,00	4,17 días
1.2.4.2.3	Matriz de priorización de riesgos	\$ 2.880.000,00	6 días
1.2.4.3	▀ Análisis cuantitativo de riesgos	\$ 15.440.800,00	91,04 días
1.2.4.3.1	Estimación monetaria de impacto	\$ 2.468.000,00	6,17 días
1.2.4.3.2	Valor esperado de riesgos críticos	\$ 2.068.000,00	5,17 días
1.2.4.3.3	Simulación de escenarios (Monte Carlo)	\$ 5.695.200,00	11,17 días
1.2.4.3.4	Estimación de reservas de contingencia	\$ 2.276.800,00	5,47 días
1.2.4.3.5	Informe de riesgos cuantificados	\$ 2.932.800,00	5,66 días
1.2.4.4	▀ Plan de respuesta a riesgos	\$ 12.704.000,00	31,19 días
1.2.4.4.1	Estrategias de mitigación	\$ 3.502.800,00	8,17 días
1.2.4.4.2	Estrategias de transferencia	\$ 1.268.000,00	3,17 días
1.2.4.4.3	Estrategias de aceptación	\$ 230.400,00	0,48 días
1.2.4.4.4	Estrategias de contingencia	\$ 3.360.000,00	8 días
1.2.4.4.5	Plan de monitoreo de riesgos	\$ 4.342.800,00	8,17 días
1.2.5	▀ Plan de Gestión de Adquisiciones	\$ 33.751.197,93	143,41 días
1.2.5.1	▀ Identificación de insumos requeridos	\$ 5.887.529,93	5,17 días
1.2.5.1.1	Agregados finos de río Magdalena	\$ 86.268,00	3,17 días
1.2.5.1.2	Agregados gruesos de río Guayuribo	\$ 22.561,93	0,49 días
1.2.5.1.3	Reactivos químicos de ensayo	\$ 715.900,00	2,17 días
1.2.5.1.4	Equipo especializado de laboratorio	\$ 4.342.800,00	5,17 días
1.2.5.1.5	EPP y elementos de seguridad	\$ 720.000,00	2 días

1.2.5.2	▄ Estrategia de contratación de servicios externos	\$ 15.789.268,00	82,87 días
1.2.5.2.1	Contratación de laboratorios acreditados (ONAC)	\$ 6.392.800,00	13,32 días
1.2.5.2.2	Servicios de transporte de muestras	\$ 1.015.668,00	6,34 días
1.2.5.2.3	Mantenimiento preventivo de equipos	\$ 2.982.800,00	7,19 días
1.2.5.2.4	Arrendamiento de equipos adicionales	\$ 3.956.400,00	7,32 días
1.2.5.2.5	Servicios de disposición de residuos peligrosos	\$ 1.441.600,00	7,02 días
1.2.5.3	▄ Plan de adquisiciones sostenible	\$ 12.074.400,00	93,31 días
1.2.5.3.1	Evaluación de proveedores locales	\$ 3.520.000,00	8 días
1.2.5.3.2	Aplicación de criterios ambientales y sociales	\$ 1.237.200,00	3,37 días
1.2.5.3.3	Políticas de compras responsables	\$ 800.000,00	2 días
1.2.5.3.4	Auditorías a proveedores críticos	\$ 2.481.600,00	5,17 días
1.2.5.3.5	Certificación ISO 14001 de proveedores	\$ 4.035.600,00	8,46 días
1.2.6	▄ Consolidación y aprobación de la Planificación	\$ 25.436.400,00	25,85 días
1.2.6.1	▄ Validación cruzada de planes de gestión	\$ 14.320.400,00	14,51 días
1.2.6.1.1	Revisión de consistencia entre cronograma y costos	\$ 4.336.800,00	4,17 días
1.2.6.1.2	Validación de riesgos con alcance definido	\$ 4.480.000,00	4 días
1.2.6.1.3	Revisión de coherencia entre comunicaciones y stakeholders	\$ 1.394.800,00	3,17 días
1.2.6.1.4	Integración de controles de calidad en cronograma	\$ 1.920.000,00	4 días
1.2.6.1.5	Ajustes finales de documentos	\$ 2.188.800,00	2,17 días
1.2.6.2	▄ Presentación a la Gerencia General	\$ 11.116.000,00	11,34 días
1.2.6.2.1	Entrega de plan consolidado	\$ 1.068.800,00	2 días
1.2.6.2.2	Reunión de aprobación	\$ 2.160.000,00	2 días
1.2.6.2.3	Registro de observaciones	\$ 2.080.000,00	2 días
1.2.6.2.4	Incorporación de recomendaciones	\$ 3.550.400,00	3,17 días
1.2.6.2.5	Acta de aprobación de la fase de planificación	\$ 2.256.800,00	2,17 días
1.3	▄ Ejecución del Proyecto	\$ 192.025.284,79	228,08 días
1.3.1	▄ Preparación para la ejecución	\$ 26.740.980,79	68,12 días
1.3.1.1	▄ Reunión de inicio de la ejecución (Kick-off)	\$ 9.166.400,00	9,42 días
1.3.1.1.1	Convocatoria a los interesados clave	\$ 2.960.000,00	2 días
1.3.1.1.2	Presentación del plan aprobado	\$ 2.160.000,00	2 días
1.3.1.1.3	Registro en acta de compromisos iniciales	\$ 2.080.000,00	2 días
1.3.1.1.4	Distribución de documentos base	\$ 800.000,00	2 días
1.3.1.1.5	Cierre formal de reunión	\$ 1.166.400,00	1,42 días

1.3.1.2	▄ Asignación de recursos físicos y humanos	\$ 7.964.400,00	19,17 días
1.3.1.2.1	Entrega de equipos de laboratorio	\$ 2.662.800,00	3,17 días
1.3.1.2.2	Entrega de elementos de seguridad (EPP)	\$ 1.520.000,00	3,56 días
1.3.1.2.3	Distribución de responsabilidades en campo	\$ 1.215.200,00	2,17 días
1.3.1.2.4	Validación de cronograma operativo	\$ 726.400,00	1,29 días
1.3.1.2.5	Confirmación de disponibilidad de insumos	\$ 1.840.000,00	2 días
1.3.1.3	▄ Aseguramiento logístico	\$ 9.610.180,79	58,7 días
1.3.1.3.1	Planificación de transporte de muestras	\$ 2.030.068,00	3,17 días
1.3.1.3.2	Programación de visitas a fuentes de agregados	\$ 5.005.668,00	4,17 días
1.3.1.3.3	Verificación de permisos y accesos	\$ 1.080.000,00	3 días
1.3.1.3.4	Coordinación con proveedores de agregados	\$ 54.444,79	0,05 días
1.3.1.3.5	Registro logístico en bitácora	\$ 1.440.000,00	4 días
1.3.2	▄ Muestreo de agregados	\$ 22.729.004,00	29,99 días
1.3.2.1	▄ Recolección de agregados finos – Río Magdalena	\$ 7.381.268,00	19,51 días
1.3.2.1.1	Selección de puntos de muestreo	\$ 2.229.600,00	5,34 días
1.3.2.1.2	Extracción de muestras representativas	\$ 1.336.068,00	4,17 días
1.3.2.1.3	Registro de condiciones ambientales	\$ 1.840.000,00	2 días
1.3.2.1.4	Sellado y rotulación de muestras	\$ 1.014.400,00	3,17 días
1.3.2.1.5	Transporte seguro al laboratorio	\$ 961.200,00	3 días
1.3.2.2	▄ Recolección de agregados gruesos – Río Guayuribo	\$ 6.609.336,00	20,51 días
1.3.2.2.1	Identificación de canteras de origen	\$ 2.510.200,00	4,17 días
1.3.2.2.2	Extracción de bloques representativos	\$ 1.775.000,00	5 días
1.3.2.2.3	Registro de coordenadas GPS	\$ 560.000,00	1 día
1.3.2.2.4	Embalaje y rotulación de material	\$ 1.014.400,00	3,17 días
1.3.2.2.5	Transporte seguro al laboratorio	\$ 749.736,00	2,34 días
1.3.2.3	▄ Control de calidad en muestreo	\$ 8.738.400,00	23,65 días
1.3.2.3.1	Protocolos de muestreo ASTM D75	\$ 1.896.800,00	3,17 días
1.3.2.3.2	Supervisión del Ingeniero de Materiales	\$ 56.000,00	0,1 días
1.3.2.3.3	Registro fotográfico de actividades	\$ 2.225.600,00	3,98 días
1.3.2.3.4	Acta de recepción de muestras en laboratorio	\$ 1.440.000,00	2 días
1.3.2.3.5	Validación de trazabilidad de muestras	\$ 3.120.000,00	4 días
1.3.3	▄ Ensayos de laboratorio en agregados finos	\$ 35.639.900,00	53,53 días
1.3.3.1	▄ Ensayos de granulometría (ASTM C136)	\$ 8.534.400,00	25,71 días

1.3.3.1.1	Preparación de tamices	\$ 640.000,00	2 días
1.3.3.1.2	Pesado inicial de muestras	\$ 640.000,00	2 días
1.3.3.1.3	Tamizado por fracciones	\$ 2.694.400,00	3,38 días
1.3.3.1.4	Registro de pesos retenidos	\$ 1.440.000,00	3,62 días
1.3.3.1.5	Análisis de curva granulométrica	\$ 3.120.000,00	6 días
1.3.3.2	▀ Ensayos de densidad y absorción (ASTM C128)	\$ 4.842.400,00	8,17 días
1.3.3.2.1	Preparación de muestras secas	\$ 640.000,00	2 días
1.3.3.2.2	Saturación y pesado en agua	\$ 960.000,00	3 días
1.3.3.2.3	Cálculo de densidad aparente	\$ 640.000,00	2 días
1.3.3.2.4	Determinación de absorción porcentual	\$ 1.760.000,00	2 días
1.3.3.2.5	Registro de resultados	\$ 842.400,00	1,17 días
1.3.3.3	▀ Ensayo de equivalente de arena (ASTM D2419)	\$ 7.120.000,00	12,37 días
1.3.3.3.1	Preparación de solución salina	\$ 640.000,00	2 días
1.3.3.3.2	Llenado de cilindros de prueba	\$ 640.000,00	2 días
1.3.3.3.3	Decantación de la muestra	\$ 960.000,00	3 días
1.3.3.3.4	Lectura de valores en escala	\$ 1.760.000,00	2 días
1.3.3.3.5	Análisis de cumplimiento normativo	\$ 3.120.000,00	3,37 días
1.3.3.4	▀ Ensayo de material fino que pasa el tamiz #200 (ASTM C117)	\$ 6.080.700,00	16,19 días
1.3.3.4.1	Lavado de muestras	\$ 640.000,00	2 días
1.3.3.4.2	Secado en horno	\$ 960.700,00	3 días
1.3.3.4.3	Pesado de material fino	\$ 640.000,00	2 días
1.3.3.4.4	Cálculo de porcentaje de finos	\$ 1.760.000,00	2 días
1.3.3.4.5	Validación frente a norma	\$ 2.080.000,00	2,85 días
1.3.3.5	▀ Consolidación de resultados de ensayos en finos	\$ 9.062.400,00	19,65 días
1.3.3.5.1	Revisión de repetibilidad (desviación $\leq 5\%$)	\$ 1.760.000,00	2 días
1.3.3.5.2	Comparación con norma NTC 1741	\$ 2.080.000,00	2,08 días
1.3.3.5.3	Elaboración de informe preliminar	\$ 1.920.000,00	2 días
1.3.3.5.4	Validación con Control de Calidad	\$ 2.080.000,00	3,8 días
1.3.3.5.5	Firma de aprobación técnica	\$ 1.222.400,00	2 días
1.3.4	▀ Ensayos de laboratorio en agregados gruesos	\$ 43.696.400,00	96,31 días
1.3.4.1	▀ Ensayos de granulometría (ASTM C136)	\$ 6.560.000,00	10,17 días
1.3.4.1.1	Preparación de tamices grandes	\$ 640.000,00	2 días
1.3.4.1.2	Pesado inicial de muestras	\$ 640.000,00	2 días

1.3.4.1.3	Tamizado por fracciones	\$ 1.760.000,00	2,17 días
1.3.4.1.4	Registro de pesos retenidos	\$ 1.440.000,00	2 días
1.3.4.1.5	Análisis de curva granulométrica	\$ 2.080.000,00	2 días
1.3.4.2	▀ Ensayos de densidad y absorción (ASTM C127)	\$ 3.711.200,00	20,72 días
1.3.4.2.1	Saturación de agregados gruesos	\$ 67.200,00	0,21 días
1.3.4.2.2	Pesado en aire y agua	\$ 134.400,00	0,42 días
1.3.4.2.3	Determinación de absorción porcentual	\$ 1.429.600,00	2 días
1.3.4.2.4	Registro de resultados	\$ 1.120.000,00	2,15 días
1.3.4.2.5	Validación frente a norma ASTM	\$ 960.000,00	2 días
1.3.4.3	▀ Ensayo de partículas fracturadas (ASTM D5821)	\$ 6.467.200,00	44,8 días
1.3.4.3.1	Selección de partículas representativas	\$ 1.187.200,00	2,21 días
1.3.4.3.2	Identificación de caras fracturadas	\$ 1.120.000,00	2 días
1.3.4.3.3	Clasificación por porcentajes	\$ 640.000,00	2 días
1.3.4.3.4	Registro en tablas normativas	\$ 1.440.000,00	2 días
1.3.4.3.5	Análisis de cumplimiento NTC	\$ 2.080.000,00	4 días
1.3.4.4	▀ Ensayo de forma y angularidad (ASTM D3398)	\$ 11.100.800,00	15,51 días
1.3.4.4.1	Preparación de muestra representativa	\$ 1.014.400,00	3,17 días
1.3.4.4.2	Ensayo de vacíos de mortero compactado	\$ 3.669.600,00	4,17 días
1.3.4.4.3	Cálculo de índice de forma	\$ 1.680.000,00	3 días
1.3.4.4.4	Registro de resultados	\$ 1.440.000,00	2 días
1.3.4.4.5	Validación con criterios de norma	\$ 3.296.800,00	3,17 días
1.3.4.5	▀ Consolidación de resultados de ensayos en gruesos	\$ 15.857.200,00	15,51 días
1.3.4.5.1	Validación de repetibilidad	\$ 2.640.000,00	3 días
1.3.4.5.2	Comparación con normas ASTM/NTC	\$ 3.296.800,00	3,17 días
1.3.4.5.3	Elaboración de informe preliminar	\$ 4.003.200,00	4,17 días
1.3.4.5.4	Revisión con Gerencia y Producción	\$ 3.677.200,00	3,17 días
1.3.4.5.5	Firma de aceptación técnica	\$ 2.240.000,00	2 días
1.3.5	▀ Elaboración de mezclas de prueba de concreto modular	\$ 47.523.000,00	71,68 días
1.3.5.1	▀ Diseño de mezclas según ACI 211	\$ 16.819.800,00	19,34 días
1.3.5.1.1	Determinación de relación A/C óptima	\$ 3.669.600,00	4,17 días
1.3.5.1.2	Selección de aditivos (si aplica)	\$ 1.950.200,00	3,17 días
1.3.5.1.3	Definición de proporciones por volumen y peso	\$ 4.400.000,00	5 días
1.3.5.1.4	Ajuste según trabajabilidad	\$ 2.640.000,00	3 días

1.3.5.1.5	Validación preliminar de diseño	\$ 4.160.000,00	4 días
1.3.5.2	▀ Preparación de especímenes de prueba	\$ 7.404.000,00	9,34 días
1.3.5.2.1	Confección de cilindros de concreto (ASTM C31)	\$ 3.669.600,00	4,17 días
1.3.5.2.2	Curado inicial en laboratorio	\$ 1.014.400,00	3,17 días
1.3.5.2.3	Registro de tiempos de curado	\$ 1.120.000,00	3 días
1.3.5.2.4	Identificación y rotulación de especímenes	\$ 640.000,00	2 días
1.3.5.2.5	Almacenamiento en condiciones controladas	\$ 960.000,00	3 días
1.3.5.3	▀ Ensayos de resistencia a compresión (ASTM C39)	\$ 9.680.000,00	32,17 días
1.3.5.3.1	Ensayo a 7 días	\$ 1.760.000,00	2 días
1.3.5.3.2	Ensayo a 14 días	\$ 1.760.000,00	2 días
1.3.5.3.3	Ensayo a 28 días	\$ 2.640.000,00	3 días
1.3.5.3.4	Registro estadístico de resultados	\$ 1.440.000,00	2 días
1.3.5.3.5	Validación con criterios de aceptación	\$ 2.080.000,00	2 días
1.3.5.4	▀ Consolidación de resultados de mezclas de prueba	\$ 13.619.200,00	13,17 días
1.3.5.4.1	Análisis comparativo con requisitos del proyecto	\$ 3.144.800,00	3 días
1.3.5.4.2	Elaboración de informe técnico	\$ 3.043.200,00	3,17 días
1.3.5.4.3	Presentación a Control de Calidad	\$ 2.080.000,00	2 días
1.3.5.4.4	Ajustes de diseño si es necesario	\$ 3.200.800,00	3 días
1.3.5.4.5	Validación final de Gerencia	\$ 2.150.400,00	2 días
1.3.6	▀ Entregables de ejecución	\$ 15.696.000,00	126,21 días
1.3.6.1	Informe parcial de resultados de agregados finos	\$ 3.050.400,00	6,59 días
1.3.6.2	Informe parcial de resultados de agregados gruesos	\$ 2.160.000,00	6 días
1.3.6.3	Informe de mezclas de prueba y resistencia mecánica	\$ 2.864.800,00	3,83 días
1.3.6.4	Consolidación de informes preliminares	\$ 5.072.000,00	3,34 días
1.3.6.5	Socialización técnica con Gerencia y Producción	\$ 2.548.800,00	4 días
1.4	▀ Monitoreo y Control del Proyecto	\$ 79.030.000,00	263,4 días
1.4.1	▀ Seguimiento del cronograma	\$ 15.774.800,00	58,3 días
1.4.1.1	▀ Monitoreo de actividades críticas	\$ 10.364.800,00	40,17 días
1.4.1.1.1	Identificación de ruta crítica	\$ 3.120.000,00	4 días
1.4.1.1.2	Seguimiento semanal de avances	\$ 1.040.000,00	2 días
1.4.1.1.3	Control de retrasos	\$ 3.068.800,00	5,17 días
1.4.1.1.4	Reporte de hitos alcanzados	\$ 136.000,00	0,34 días
1.4.1.1.5	Propuestas de acciones correctivas	\$ 3.000.000,00	6 días

1.4.1.2	▄ Actualización del cronograma	\$ 5.410.000,00	49,13 días
1.4.1.2.1	Registro de avances reales	\$ 800.000,00	2 días
1.4.1.2.2	Comparación con línea base	\$ 1.120.000,00	2 días
1.4.1.2.3	Ajuste de secuencias si es necesario	\$ 1.648.400,00	3,17 días
1.4.1.2.4	Informe quincenal de variaciones	\$ 800.000,00	2 días
1.4.1.2.5	Aprobación de cambios de cronograma	\$ 1.041.600,00	2,17 días
1.4.2	▄ Control de costos	\$ 13.712.800,00	210,13 días
1.4.2.1	▄ Seguimiento del presupuesto ejecutado	\$ 6.254.400,00	84,22 días
1.4.2.1.1	Registro de costos reales vs. planificados	\$ 2.656.800,00	3,17 días
1.4.2.1.2	Reporte mensual de ejecución presupuestal	\$ 928.000,00	2,32 días
1.4.2.1.3	Identificación de sobrecostos	\$ 1.268.000,00	3,48 días
1.4.2.1.4	Revisión de fondo de contingencia	\$ 70.400,00	0,11 días
1.4.2.1.5	Reporte consolidado a la Gerencia	\$ 1.331.200,00	2,83 días
1.4.2.2	▄ Control de adquisiciones	\$ 7.458.400,00	210,13 días
1.4.2.2.1	Validación de facturas de proveedores	\$ 1.064.000,00	2,66 días
1.4.2.2.2	Revisión de contratos de servicios externos	\$ 1.677.600,00	3,3 días
1.4.2.2.3	Seguimiento a pagos pendientes	\$ 460.000,00	1,15 días
1.4.2.2.4	Verificación de cumplimiento de entregas	\$ 960.000,00	2 días
1.4.2.2.5	Informe financiero a stakeholders	\$ 3.296.800,00	3,68 días
1.4.3	▄ Control de calidad	\$ 18.988.000,00	45,37 días
1.4.3.1	▄ Inspecciones en laboratorio	\$ 11.930.400,00	31,1 días
1.4.3.1.1	Validación de calibración de equipos	\$ 1.600.000,00	2 días
1.4.3.1.2	Supervisión de ensayos críticos	\$ 3.535.200,00	4,17 días
1.4.3.1.3	Revisión de formatos de resultados	\$ 1.280.000,00	3 días
1.4.3.1.4	Verificación de repetibilidad de ensayos	\$ 3.755.200,00	3,76 días
1.4.3.1.5	Informe de conformidad de resultados	\$ 1.760.000,00	2 días
1.4.3.2	▄ Auditorías internas de calidad	\$ 7.057.600,00	14,27 días
1.4.3.2.1	Programación de auditorías	\$ 1.388.800,00	1,52 días
1.4.3.2.2	Aplicación de listas de chequeo	\$ 1.600.000,00	2 días
1.4.3.2.3	Registro de hallazgos	\$ 1.388.000,00	2 días
1.4.3.2.4	Acciones correctivas implementadas	\$ 1.720.800,00	2,82 días
1.4.3.2.5	Informe de auditoría a Gerencia	\$ 960.000,00	2 días
1.4.4	▄ Control de riesgos	\$ 15.223.200,00	55,27 días

▣ Monitoreo de riesgos identificados	\$ 7.368.000,00	20 días	mar 26/11/24
Actualización de la matriz de riesgos	\$ 1.680.000,00	4 días	mar 26/11/24
Evaluación de riesgos emergentes	\$ 2.480.000,00	4,78 días	mar 10/12/24
Registro de incidentes críticos	\$ 720.000,00	2 días	mar 10/12/24
Revisión de estrategias de mitigación	\$ 91.200,00	0,19 días	mar 10/12/24
Informe de riesgos a comité de proyecto	\$ 2.396.800,00	3,45 días	jue 19/12/24
▣ Acciones de respuesta a riesgos	\$ 7.855.200,00	35,27 días	mar 24/12/24
Activación de planes de contingencia	\$ 3.040.000,00	3,2 días	mar 24/12/24
Gestión de reclamos contractuales	\$ 800.000,00	2 días	mar 24/12/24
Implementación de medidas de control	\$ 1.375.200,00	2,74 días	vie 27/12/24
Evaluación de efectividad de medidas	\$ 1.680.000,00	3 días	mar 7/01/25
Cierre de riesgos controlados	\$ 960.000,00	2 días	vie 17/01/25
▣ Seguimiento a comunicaciones y stakeholders	\$ 15.331.200,00	39,34 días	mar 8/07/25
▣ Control de informes periódicos	\$ 6.848.000,00	35,15 días	mar 8/07/25
Emisión de informes semanales técnicos	\$ 2.080.000,00	2,83 días	mar 8/07/25
Presentación ejecutiva mensual	\$ 880.000,00	2 días	vie 18/07/25
Registro de actas de reuniones	\$ 800.000,00	2 días	vie 18/07/25
Control de versiones documentales	\$ 1.680.000,00	4 días	vie 25/07/25
Archivo digital en repositorio institucional	\$ 1.408.000,00	3,32 días	lun 4/08/25
▣ Gestión de expectativas	\$ 8.483.200,00	28,86 días	mar 22/07/25
Encuestas de satisfacción a clientes piloto	\$ 1.394.800,00	3,17 días	mar 22/07/25
Retroalimentación de áreas internas	\$ 2.024.000,00	4,66 días	mar 22/07/25
Ajuste de estrategias de comunicación	\$ 1.834.800,00	4,17 días	mar 12/08/25
Resolución de conflictos reportados	\$ 1.394.800,00	3,17 días	lun 18/08/25
Validación final de interesados clave	\$ 1.834.800,00	4,17 días	jue 21/08/25
▣ Cierre del Proyecto	\$ 123.739.800,00	229,82 días	vie 17/01/25
▣ Cierre técnico	\$ 35.415.200,00	146,04 días	vie 17/01/25
▣ Consolidación de resultados finales	\$ 23.481.600,00	130,87 días	vie 17/01/25
Integración de resultados de ensayos de agregados finos	\$ 5.576.000,00	4,58 días	vie 17/01/25
Integración de resultados de ensayos de agregados gruesos	\$ 3.336.000,00	4,17 días	lun 17/03/25
Integración de resultados de mezclas de prueba	\$ 4.549.600,00	5,17 días	mié 25/06/25
Validación técnica por Control de Calidad	\$ 2.161.600,00	3,17 días	mié 2/07/25
Informe final consolidado	\$ 7.858.400,00	7,49 días	mié 9/07/25

1.5.1.2	▄ Validación de criterios de aceptación	\$ 11.933.600,00	15,17 días
1.5.1.2.1	Revisión de cumplimiento de normas ASTM/NTC	\$ 2.640.000,00	5 días
1.5.1.2.2	Revisión de desviación estándar $\leq 5\%$	\$ 1.680.000,00	3 días
1.5.1.2.3	Validación de resistencias de concreto	\$ 4.381.600,00	4 días
1.5.1.2.4	Validación de documentación entregada	\$ 2.592.000,00	4,68 días
1.5.1.2.5	Aprobación técnica de Gerencia	\$ 640.000,00	1 día
1.5.2	▄ Cierre administrativo y contractual	\$ 26.745.400,00	52,22 días
1.5.2.1	▄ Cierre de contratos con proveedores	\$ 11.899.800,00	34,13 días
1.5.2.1.1	Revisión de cumplimiento de entregas	\$ 2.684.800,00	3 días
1.5.2.1.2	Validación de facturas pendientes	\$ 1.200.000,00	3 días
1.5.2.1.3	Cierre financiero de contratos	\$ 3.520.000,00	4 días
1.5.2.1.4	Acta de cierre con proveedores	\$ 3.295.000,00	6 días
1.5.2.1.5	Archivo de contratos cerrados	\$ 1.200.000,00	3 días
1.5.2.2	▄ Cierre financiero del proyecto	\$ 14.845.600,00	18,09 días
1.5.2.2.1	Conciliación de costos reales vs. presupuestados	\$ 3.296.800,00	3,17 días
1.5.2.2.2	Informe de ejecución presupuestal	\$ 1.668.000,00	4,17 días
1.5.2.2.3	Registro de ahorros o sobrecostos	\$ 2.652.000,00	4,83 días
1.5.2.2.4	Informe financiero final	\$ 5.200.000,00	5 días
1.5.2.2.5	Aprobación del cierre financiero	\$ 2.028.800,00	3,17 días
1.5.3	▄ Documentación final	\$ 36.853.200,00	98,95 días
1.5.3.1	▄ Elaboración del informe final	\$ 21.073.600,00	30,3 días
1.5.3.1.1	Redacción ejecutiva del documento	\$ 5.484.800,00	12 días
1.5.3.1.2	Inclusión de anexos técnicos	\$ 6.800.000,00	5 días
1.5.3.1.3	Revisión de estilo y formato ICONTEC/APA	\$ 4.160.000,00	4 días
1.5.3.1.4	Validación con Gerencia General	\$ 2.668.800,00	4,17 días
1.5.3.1.5	Distribución a stakeholders clave	\$ 1.960.000,00	3 días
1.5.3.2	▄ Registro de lecciones aprendidas	\$ 8.980.800,00	98,95 días
1.5.3.2.1	Identificación de aciertos	\$ 1.521.600,00	3,17 días
1.5.3.2.2	Identificación de errores recurrentes	\$ 108.800,00	0,17 días
1.5.3.2.3	Recomendaciones para futuros proyectos	\$ 3.499.200,00	5,34 días
1.5.3.2.4	Reunión de socialización interna	\$ 3.051.200,00	6 días
1.5.3.2.5	Archivo en repositorio de conocimiento	\$ 800.000,00	2 días
1.5.3.3	▄ Archivo y custodia de documentos	\$ 6.798.800,00	25,56 días

1.5.3.3.1	Clasificación de documentos físicos	\$ 1.200.000,00	3 días
1.5.3.3.2	Digitalización de documentos clave	\$ 1.668.000,00	4,17 días
1.5.3.3.3	Subida a repositorio digital institucional	\$ 1.462.800,00	3,17 días
1.5.3.3.4	Control de acceso a la información	\$ 1.200.000,00	3 días
1.5.3.3.5	Custodia de informes finales	\$ 1.268.000,00	3,17 días
1.5.4	▀ Cierre formal del proyecto	\$ 24.726.000,00	30 días
1.5.4.1	▀ Acta de cierre del proyecto	\$ 5.628.800,00	10,83 días
1.5.4.1.1	Redacción del acta final	\$ 2.080.000,00	2 días
1.5.4.1.2	Firma del Project Manager	\$ 748.800,00	1,17 días
1.5.4.1.3	Firma de Gerencia General	\$ 800.000,00	2 días
1.5.4.1.4	Firma de stakeholders clave	\$ 1.200.000,00	3 días
1.5.4.1.5	Registro y archivo institucional	\$ 800.000,00	2 días
1.5.4.2	▀ Presentación de resultados a la organización	\$ 11.314.800,00	19,17 días
1.5.4.2.1	Presentación ejecutiva a Gerencia	\$ 1.320.000,00	3 días
1.5.4.2.2	Presentación técnica al área de Producción	\$ 3.423.600,00	3,17 días
1.5.4.2.3	Presentación a clientes piloto	\$ 1.320.000,00	3 días
1.5.4.2.4	Socialización con comunidades locales	\$ 4.371.200,00	11,17 días
1.5.4.2.5	Registro audiovisual de la presentación	\$ 880.000,00	2 días
1.5.4.3	▀ Disolución del equipo del proyecto	\$ 7.782.400,00	18,73 días
1.5.4.3.1	Evaluación final de desempeño del equipo	\$ 531.200,00	0,83 días
1.5.4.3.2	Reasignación de personal a nuevas funciones	\$ 1.920.000,00	3 días
1.5.4.3.3	Cierre de roles administrativos	\$ 1.971.200,00	3,83 días
1.5.4.3.4	Reconocimiento a participantes destacados	\$ 1.280.000,00	2 días
1.5.4.3.5	Acta de disolución del equipo	\$ 2.080.000,00	4 días

Apéndice F. ReBS

Nombre del recurso ▾	Tipo ▾	Etiqueta de material ▾	Iniciales ▾	Grupo ▾	Capacidad máxima ▾	Tasa estándar ▾	Tasa horas extra ▾	Costo/U: ▾	Acumular ▾	Calendario base ▾
Project Manager	Trabajo		PM	Dirección del Proyecto	100%	\$ 80.000,00/hora	120.000,00/hora	\$ 0,00	Prorratio	Concremack-B
Ingeniero de Materiales	Trabajo		IM	Técnico/Laboratorio	100%	\$ 70.000,00/hora	\$ 105.000,00/hora	\$ 0,00	Prorratio	Concremack-B
Técnico de Laboratorio	Trabajo		TL	Laboratorio	200%	\$ 40.000,00/hora	\$ 60.000,00/hora	\$ 0,00	Prorratio	Concremack-B
Jefe de Planta	Trabajo		JP	Producción	100%	\$ 65.000,00/hora	95.000,00/hora	\$ 0,00	Prorratio	Concremack-B
Profesional de Calidad	Trabajo		PC	Aseguramiento Calidad	100%	\$ 60.000,00/hora	\$ 90.000,00/hora	\$ 0,00	Prorratio	Concremack-B
Profesional de Comunicaciones	Trabajo		PCOM	Stakeholders/Clientes	100%	\$ 55.000,00/hora	\$ 82.500,00/hora	\$ 0,00	Prorratio	Concremack-B
Personal Administrativo y Financiero	Trabajo		AF	Administración/Finanzas	100%	\$ 50.000,00/hora	\$ 75.000,00/hora	\$ 0,00	Prorratio	Concremack-B
Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)	Trabajo		SST	HSE	100%	\$ 45.000,00/hora	\$ 67.500,00/hora	\$ 0,00	Prorratio	Concremack-B
Proveedores de Agregados Finos	Material		AF	Materiales		\$ 75.000,00		\$ 10.000,00	Comienzo	
Proveedores de Agregados Gruesos	Material		AG	Materiales		\$ 80.000,00		\$ 10.000,00	Comienzo	
Aditivos Químicos	Material		AQ	Materiales		\$ 20.000,00		\$ 1.500,00	Comienzo	
Energía Eléctrica Planta	Material		EE	Servicios		\$ 700,00		\$ 0,00	Prorratio	
Transporte y Logística	Trabajo		TYL	Logística	100%	\$ 50,00/hora	\$ 75.000,00/hora	\$ 0,00	Prorratio	Concremack-B