

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Tema:

OPTIMIZACIÓN DEL ABASTECIMIENTO DE MATERIAS PRIMAS MEDIANTE LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES CON ENFOQUE DE SOSTENIBILIDAD MEDIO AMBIENTAL

Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

ÁREA: Producción y Operaciones

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, Materiales, Producción, Identidad, Sostenibilidad y Tecnologías aplicadas

AUTOR: Diego Alexander Aguilar Lema

TUTOR: Ing. Darwin Santiago Aldas Salazar Mg.

Ambato - Ecuador

julio – 2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: OPTIMIZACIÓN DEL ABASTECIMIENTO DE MATERIAS PRIMAS MEDIANTE LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES CON ENFOQUE DE SOSTENIBILIDAD MEDIO AMBIENTAL, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Diego Alexander Aguilar Lema, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.3 del instructivo del reglamento referido.

Ambato, julio 2026.



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
DARWIN SANTIAGO ALDAS SALAZAR

Ing. Darwin Santiago Aldas Salazar, Mg.
TUTOR

AUTORÍA

El presente trabajo de titulación con el tema: OPTIMIZACIÓN DEL ABASTECIMIENTO DE MATERIAS PRIMAS MEDIANTE LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES CON ENFOQUE DE SOSTENIBILIDAD MEDIO AMBIENTAL es absolutamente original, auténtico y personal y ha observado los preceptos establecidos en la Disposición General Quinta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, julio 2026.



Diego Alexander Aguilat Lema

C.C. 0550487581

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que reproduzca total o parcialmente este trabajo de titulación dentro de las regulaciones legales e institucionales correspondientes. Además, cedo todos mis derechos de autor a favor de la institución con el propósito de su difusión pública, por lo tanto, autorizo su publicación en el repositorio virtual institucional como un documento disponible para la lectura y uso con fines académicos e investigativos de acuerdo con la Disposición General Cuarta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, julio 2026.



Diego Alexander Aguilar Lema

C.C. 0550487581

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del informe final del trabajo de titulación presentado por el señor Diego Alexander Aguilar Lema, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado OPTIMIZACIÓN DEL ABASTECIMIENTO DE MATERIAS PRIMAS MEDIANTE LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES CON ENFOQUE DE SOSTENIBILIDAD MEDIO AMBIENTAL, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.4 del instructivo del reglamento referido. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con el señor presidente del Tribunal.

Ambato, julio 2026.

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
FRANKLIN OSWALDO MAYORGA MAYORGA

Ing. Franklin Oswaldo Mayorga Mayorga, Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
JOHN PAUL REYES VASQUEZ

Dr. John Paul Reyes Vásquez
PROFESOR CALIFICADOR

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
CARLOS LUIS VARGAS GUEVARA

Ing. Carlos Luis Vargas Guevara, Mg
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

A mi Madre, por ser el apoyo fundamental en cada etapa de mi vida. Gracias por su amor, esfuerzo y sacrificio, por brindarme siempre su confianza y por enseñarme con su ejemplo el valor de la responsabilidad, la perseverancia y el trabajo honesto. Su apoyo incondicional ha sido la mayor inspiración para alcanzar esta meta y superar cada desafío presentado durante mi formación académica.

A mis hermanos y a mi familia, quienes estuvieron presentes a lo largo de este camino, brindándome palabras de aliento, motivación y apoyo constante. Su compañía, comprensión y ejemplo de esfuerzo me impulsaron a continuar adelante incluso en los momentos más difíciles. Cada logro alcanzado también les pertenece, porque han formado parte importante de este proceso.

A todas las personas que me acompañaron durante esta etapa, compartiendo alegrías, dificultades y aprendizajes. Gracias por creer en mí, por su apoyo y por contribuir de una u otra manera al cumplimiento de este objetivo. Les dedico este esfuerzo y este logro con profundo cariño y gratitud.

Espero que este trabajo refleje no solo mi dedicación, sino también el apoyo, la confianza y el amor que recibí de ustedes. Este logro es el resultado del esfuerzo compartido y una muestra de agradecimiento hacia quienes hicieron posible que este sueño se convierta en realidad.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Darwin Aldas, por ser mi tutor y guiarme durante esta etapa final del proceso de titulación, por su guía y paciencia para compartir su conocimiento y experiencia.

A mi padre, Reynaldo Aguilar, por ser el pilar más importante en mi vida. Gracias por enseñarme que con dedicación y esfuerzo se pueden alcanzar grandes metas. Aunque hoy se encuentra en el cielo, sigue siendo mi ejemplo de responsabilidad, trabajo y perseverancia. Su fortaleza y sus enseñanzas han sido una fuente constante de inspiración.

A mi pareja, por ser mi compañera, mi apoyo y mi mayor motivación. Gracias por tu amor incondicional, por creer en mí y por estar siempre a mi lado. Tus palabras de aliento, tu paciencia y confianza han sido fuente constante de inspiración.

A mis hermanas Anita, Sandra y Carmen, les agradezco profundamente por estar siempre al pendiente de mí y por su apoyo durante esta etapa. Su cariño, confianza y motivación me ayudaron a seguir adelante y alcanzar esta meta.

A mis hermanos por enseñarme el valor del trabajo y la responsabilidad, por ser un ejemplo de esfuerzo y perseverancia que me ha inspirado a superar los retos con determinación.

A todos aquellos que han estado a mi lado, compartiendo las alegrías y las dificultades. Su compañía, sus consejos y palabras de aliento hicieron que los momentos difíciles fueran más llevaderos.

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA ..... **i**

APROBACIÓN DEL TUTOR ..... **ii**

AUTORÍA ..... **iii**

DERECHOS DE AUTOR ..... **iv**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO ..... **v**

DEDICATORIA ..... **vi**

AGRADECIMIENTO ..... **vii**

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS ..... **viii**

ÍNDICE DE TABLAS ..... **xiii**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **xv**

ÍNDICE DE ANEXOS ..... **xviii**

RESUMEN EJECUTIVO ..... **xxi**

ABSTRACT ..... **xxii**

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO **1**

1.1 Tema de investigación 1

1.2 Planteamiento del problema 1

1.3 Antecedentes investigativos 3

1.4 Fundamentación teórica 6

1.4.1 Gestión sostenible de la cadena de suministro 6

1.4.2 Abastecimiento sostenible de materias primas 8

1.4.3 Selección de proveedores sostenibles 10

1.4.4 Criterios de evaluación sostenible 13

1.4.5 Optimización del abastecimiento de materias primas 15

1.4.6 Modelos de decisión multicriterio (MCDM) 16

1.4.7 Método Analytic Hierarchy Process (AHP) 18

1.4.8 Aplicación del AHP en la selección de proveedores sostenibles 29

1.4.9 Herramientas informáticas para la aplicación del método AHP 31

1.4.10 Expert Choice 32

1.4.11 Relación entre variables 33

1.5 Objetivos 34

1.5.1 Objetivo general 34

1.5.2 Objetivos específicos 34

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA 35

2.1 Materiales 35

2.2 Métodos 36

2.2.1 Enfoque de la investigación 36

2.2.2 Alcance de la investigación 36

2.2.3 Modalidad de la investigación 36

2.3 Población y muestra 37

2.4 Recolección de información 39

2.5 Procesamiento y análisis de datos 41

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 42

3.1 Caracterización Institucional 42

3.1.1 Identidad y propósito organizacional 42

3.1.2 Estructura Organizacional y Gestión de Decisiones 42

3.1.3 Antecedentes 43

3.1.4 Misión…….. 44

3.1.5 Visión ……..44

3.1.6 Diagrama de flujo de compras 44

3.2 Materias primas 45

3.2.1 Proceso actual de abastecimiento de materias primas 45

3.2.2 Características de las materias primas 46

3.3 Proveedores 48

3.4 Abastecimiento 50

3.4.1 Diagnóstico técnico del desempeño del abastecimiento 50

3.4.2 Análisis de la gestión de materia prima y quiebres de Stock 51

3.5 Análisis del desempeño de los proveedores 51

3.6 Ponderación de criterios en la parte operativa 53

3.6.1 Estructuración jerárquica del modelo 53

3.6.2 Análisis de ponderaciones y resultados de Consistencia 53

3.6.3 Ponderación de criterios mediante evaluación operativa 54

3.6.4 Análisis y ponderación de criterios mediante juicio técnico 55

3.6.5 Análisis general de desempeño de proveedores actuales 61

3.6.6 Ampliación del conjunto de alternativas de proveedores 62

3.7 Análisis multicriterio para la evaluación de proveedores 64

3.7.1 Definición de criterios y subcriterios 64

3.7.2 Estructura jerárquica del modelo AHP para la selección de proveedores 67

3.7.3 Matriz de comparaciones pareadas 68

3.7.4 Matriz normalizada 71

3.7.5 Cálculo del índice de consistencia 72

3.7.6 Cálculo de prioridades subcriterios 73

3.7.7 Prioridades de las alternativas 80

3.7.8 Selección y priorización de proveedores 80

3.7.9 Consolidación de proveedores seleccionados 96

3.7.10 Propuesta de procedimiento para la selección y evaluación de proveedores 102

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 110

4.1 Conclusiones 110

4.2 Recomendaciones 112

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 113

ANEXOS 126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población de estudio del proceso de abastecimiento 38

Tabla 2. Actividades, técnicas y herramientas de la investigación 40

Tabla 3. Plan de recolección estructurado para el diagnóstico y modelo AHP 40

Tabla 4. Características de la materia prima para producción de hormigón 47

Tabla 5. Gestión de inventarios de materias primas 47

Tabla 6. Plan de recolección estructurado para el diagnóstico y modelo AHP 49

Tabla 7. Requerimientos técnicos por tipo de materia prima 51

Tabla 8. Estado situacional de la materia prima 51

Tabla 9. Caracterización del panel de proveedores vigentes 52

Tabla 10. Criterios y subcriterios del modelo de selección sostenible 53

Tabla 11. Ponderación de criterios 54

Tabla 12. Escala de evaluación de proveedores 54

Tabla 13. Puntaje ponderado de proveedores de cemento 55

Tabla 14. Puntaje ponderado de proveedores de arena 56

Tabla 15. Puntaje ponderado de proveedores de ripio 57

Tabla 16. Puntaje ponderado de proveedores de aditivos 59

Tabla 17. Puntaje ponderado de proveedores de agua 60

Tabla 18. Ampliación del conjunto de alternativas de 63

Tabla 19. Criterios y subcriterios para la evaluación de proveedores 65

Tabla 20. Matriz de comparación por pares de criterios 68

Tabla 21. Matriz de valores normalizados 71

Tabla 22. Matriz prioridades de los criterios 71

Tabla 23. Cálculo λmax para los criterios 72

Tabla 24. Resumen prioridades criterios y subcriterios 79

Tabla 25. Prioridades alternativas respecto a los subcriterios 81

Tabla 26. Prioridad total alternativas 82

Tabla 27. Prioridades alternativas respecto a los subcriterios 84

Tabla 28. Prioridad total alternativas 85

Tabla 29. Prioridades alternativas respecto a los subcriterios 87

Tabla 30. Prioridad total alternativas 88

Tabla 31. Prioridades alternativas respecto a los subcriterios 90

Tabla 32. Prioridad total alternativas 91

Tabla 33. Prioridades alternativas respecto a los subcriterios 93

Tabla 34. Prioridad total alternativas 94

Tabla 35. Consolidación y contraste de proveedores seleccionados 97

Tabla 36. Consolidación y contraste de proveedores seleccionados 101

Tabla 37. Clasificación propuesta de proveedores seleccionados 102

Tabla 38. Responsables del proceso de evaluación de proveedores 103

Tabla 39. Clasificación de proveedores según prioridad global 107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama del modelo de la cadena de suministro 7

Figura 2. Elementos del sistema abastecimiento sostenible de materias primas 10

Figura 3. Proceso de selección de proveedores sostenibles 12

Figura 4. Criterios de evaluación sostenible 14

Figura 5. Gestión de la cadena de abastecimiento de materias primas 16

Figura 6. Tipos de modelos de decisión multicriterio (MCDM) 18

Figura 7. Esquema general del método Analytic Hierarchy Process (AHP) 19

Figura 8. Esquema jerárquico para la toma de decisiones dentro del modelo HP ... 21

Figura 9. Escala de Saaty 23

Figura 10. Matriz de comparación por pares 24

Figura 11. Aplicación del AHP dentro de la selección de proveedores sostenibles . 30

Figura 12. Organigrama de la hormigonera Cotopaxi 43

Figura 13. Diagrama de flujo de compras en la Hormigonera Cotopaxi 45

Figura 14. Evaluación comparativa de proveedores de cemento 55

Figura 15. Evaluación comparativa de proveedores de arena 56

Figura 16. Evaluación comparativa de proveedores de ripio 58

Figura 17. Evaluación comparativa de proveedores de aditivos 59

Figura 18. Evaluación comparativa de proveedores de agua 60

Figura 19. Modelo jerárquico AHP de proveedores – Hormigonera Cotopaxi. 66

Figura 20. Matriz cualitativa de importancia entre criterios del modelo AHP 70

Figura 21. Distribución de pesos de los criterios de evaluación 72

Figura 22. Matriz de comparaciones subcriterios respecto al criterio Económico ... 74

Figura 23. Matriz de comparaciones subcriterios respecto al criterio Técnico..... 75

Figura 24. Matriz de comparaciones subcriterios respecto al criterio Logístico 76

Figura 25. Matriz de comparaciones subcriterios respecto al criterio Medioambiental 77

Figura 26. Prioridad de los subcriterios 79

Figura 27. Prioridades del Modelo Jerárquico - proveedores de cemento..... 81

Figura 28. Alternativa óptima de selección..... 82

Figura 29. Sensibilidad del modelo de decisión 83

Figura 30. Prioridades del Modelo Jerárquico - proveedores de arena..... 84

Figura 31. Alternativa óptima de selección..... 85

Figura 32. Sensibilidad del modelo de decisión. 86

Figura 33. Prioridades del Modelo Jerárquico - proveedores de ripio. 87

Figura 34. Alternativa óptima de selección..... 88

Figura 35. Sensibilidad del modelo de decisión 89

Figura 36. Prioridades del Modelo Jerárquico - proveedores de aditivos. 90

Figura 37. Alternativa óptima de selección..... 91

Figura 38. Sensibilidad del modelo de decisión 92

Figura 39. Prioridades del Modelo Jerárquico - proveedores de agua. 93

Figura 40. Alternativa óptima de selección..... 94

Figura 41. Sensibilidad del modelo de decisión 95

Figura 42. Proceso propuesto de selección de proveedores 109

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Cálculos manuales de pesos - Subcriterios 126

Figura A 1. Criterio Económico. 126

Figura A 2. Criterio Técnico. 126

Figura A 3. Criterio logístico. 127

Figura A 4. Criterios medioambientales 127

Anexo B. Cálculos manuales de pesos – Alternativas 128

Figura B 1. Se muestra Precio de venta - cemento 128

Figura B 2. Condiciones de pago - cemento 128

Figura B 3. Calidad - cemento 129

Figura B 4. Disponibilidad - cemento 129

Figura B 5. Transporte - cemento 130

Figura B 6. Tiempo de entrega - cemento 130

Figura B 7. Flexibilidad - cemento 131

Figura B 8. Permisos Ambientales - cemento 131

Figura B 9.Gestiòn de residuos - cemento 132

Figura B 10. Transporte Sostenible - cemento 132

Figura B 11. Buenas prácticas ambientales - cemento 133

Figura B 12.Precio de venta – arena 133

Figura B 13. Condiciones de pago – arena 134

Figura B 14. Calidad – arena 134

Figura B 15.Disponibilidad – arena 135

Figura B 16. Transporte – arena 135

Figura B 17. Tiempo de entrega – arena 136

Figura B 18. Flexibilidad – arena 136

Figura B 19. Permisos Ambientales – arena 137

Figura B 20, Gestión de residuos – arena 137

Figura B 21. Transporte – arena 138

Figura B 22. Prácticas ambientales – arena 138

Figura B 23. Precio de venta - ripio 139

Figura B 24. Condiciones de Pago - ripio 139

Figura B 25. Calidad - ripio 140

Figura B 26. Disponibilidad - ripio 140

Figura B 27. Transporte - ripio 141

Figura B 28. Tiempo de entrega - ripio 141

Figura B 29. Flexibilidad - ripio 142

Figura B 30. Permisos Ambientales - ripio 142

Figura B 31. Gestión de residuos - ripio 143

Figura B 32. Transporte Sostenible - ripio 143

Figura B 33. Buenas prácticas - ripio 144

Figura B 34. Precio de venta - Aditivos 144

Figura B 35. Condiciones de pago - Aditivos 145

Figura B 36. Calidad - Aditivos 145

Figura B 37. Disponibilidad - Aditivos 146

Figura B 38. Transporte - Aditivos 146

Figura B 39. Tiempo de entrega - Aditivos 147

Figura B 40. Flexibilidad - Aditivos 147

Figura B 41. Permisos Ambientales - Aditivos 148

Figura B 42. Gestión de Residuos - Aditivos 148

Figura B 43. Transporte SOS. - Aditivos 149

Figura B 44. Buenas prácticas Ambientales - Aditivos 149

Figura B 45. Precio de venta - Agua 150

Figura B 46. Condiciones de pago - Agua 150

Figura B 47. Calidad - Agua 151

Figura B 48. Disponibilidad - Agua 151

Anexo C. Herramienta de puntuación (Saty) 152

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación desarrolló un modelo de selección y evaluación de proveedores de materias primas para una planta hormigonera de la provincia de Cotopaxi, con el propósito de optimizar el proceso de abastecimiento y reducir la subjetividad en la toma de decisiones relacionadas con la adquisición de cemento, arena, ripio, aditivos y agua. El estudio surgió ante la necesidad de contar con un procedimiento técnico que permita evaluar integralmente a los proveedores, considerando criterios económicos, técnicos, logísticos y medioambientales que influyen en la continuidad operativa, la calidad del producto final y la competitividad de la empresa. Para ello, se aplicó el método multicriterio Analytic Hierarchy Process (AHP), mediante la construcción de una estructura jerárquica conformada por criterios y subcriterios definidos a partir de la revisión bibliográfica y la validación de expertos, cuyas valoraciones fueron procesadas con el software Expert Choice. El criterio medioambiental fue incorporado para complementar la selección tradicional de proveedores, considerando aspectos relacionados con el cumplimiento de requisitos ambientales, la gestión responsable de los recursos naturales y la reducción de impactos asociados al abastecimiento de materias primas. Los resultados determinaron que el criterio económico posee la mayor influencia en el proceso de selección, con una prioridad aproximada del 55 por ciento, seguido de los criterios técnicos, logísticos y medioambientales. En la evaluación de alternativas, Holcim Ecuador obtuvo la mayor prioridad para cemento con 38,23 por ciento, Cantera Illuchi para arena con 44,43 por ciento y ripio con 40,75 por ciento, ADITEC Ecuador para aditivos con 39,45 por ciento y el agua de regadío para agua con 50,95 por ciento. Finalmente, se propuso un procedimiento para la selección, evaluación y seguimiento de proveedores, demostrando que el método AHP constituye una herramienta eficaz para optimizar el abastecimiento bajo criterios de sostenibilidad y competitividad.

Palabras claves: Selección de proveedores, Analytic Hierarchy Process (AHP), gestión de abastecimiento, evaluación multicriterio, sostenibilidad ambiental, materias primas, planta hormigonera.

ABSTRACT

This research developed a supplier selection and evaluation model for raw materials in a concrete plant located in the province of Cotopaxi, with the aim of optimizing the supply process and reducing subjectivity in decision-making regarding the acquisition of cement, sand, gravel, admixtures, and water. The study emerged from the need to establish a technical procedure that enables the comprehensive evaluation of suppliers by considering economic, technical, logistical, and environmental criteria that influence operational continuity, final product quality, and the company's competitiveness. For this purpose, the multicriteria method Analytic Hierarchy Process (AHP) was applied through the construction of a hierarchical structure composed of criteria and subcriteria defined based on a literature review and expert validation, whose assessments were processed using Expert Choice software. The environmental criterion was incorporated to complement the traditional supplier selection process by considering aspects related to compliance with environmental requirements, responsible management of natural resources, and the reduction of impacts associated with the supply of raw materials. The results determined that the economic criterion has the highest influence on the selection process, with an approximate priority of 55 percent, followed by technical, logistical, and environmental criteria. In the evaluation of alternatives, Holcim Ecuador obtained the highest priority for cement supply with 38.23 percent, Cantera Illuchi for sand with 44.43 percent and gravel with 40.75 percent, ADITEC Ecuador for admixtures with 39.45 percent, and irrigation water for water supply with 50.95 percent. Finally, a procedure for supplier selection, evaluation, and monitoring was proposed, demonstrating that the AHP method is an effective tool for optimizing supply management under sustainability and competitiveness criteria.

Keywords: Supplier selection, Analytic Hierarchy Process (AHP), supply management, multicriteria evaluation, environmental sustainability, raw materials, concrete plant

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

OPTIMIZACIÓN DEL ABASTECIMIENTO DE MATERIAS PRIMAS MEDIANTE LASELECCIÓN DE PROVEEDORES CON ENFOQUE DE SOSTENIBILIDAD MEDIO AMBIENTAL

1.2 Planteamiento del problema

En el contexto actual de la globalización y la creciente competitividad empresarial, la gestión eficiente del abastecimiento de materias primas constituye un factor estratégico para garantizar la continuidad operativa, la rentabilidad y la sostenibilidad de las organizaciones. En este escenario, más del 85 % de las empresas a nivel mundial dependen de proveedores externos para el desarrollo de sus actividades productivas, lo que evidencia la importancia de implementar mecanismos de selección y evaluación que permitan garantizar la calidad, disponibilidad y confiabilidad de los suministros. Paralelamente, la incorporación de criterios ambientales en la gestión de proveedores adquiere cada vez mayor relevancia, en concordancia con el Objetivo de Desarrollo Sostenible, orientado a promover patrones de producción y consumo responsables mediante el uso eficiente de los recursos y la adopción de prácticas sostenibles en las organizaciones [1].

En Ecuador, el sector de la construcción desempeña un papel importante dentro de la economía nacional, aportando entre el 4 % y el 6 % del Producto Interno Bruto (PIB) [2]. Este comportamiento impulsa una demanda constante de materiales para la construcción, entre ellos el hormigón premezclado, haciendo indispensable una gestión eficiente del abastecimiento de materias primas. Asimismo, el país ha promovido la incorporación de criterios de sostenibilidad en los procesos de contratación mediante instrumentos como la Guía para la Aplicación de Criterios de Sostenibilidad en Contrataciones Públicas, la cual fomenta la integración de aspectos ambientales y sociales dentro de los procesos de adquisición [3].

La provincia de Cotopaxi presenta una importante actividad constructiva e industrial que demanda de forma permanente materiales como cemento, arena, ripio y aditivos. Durante el año 2023, el sector de la construcción aporta el 4,2 % del PIB provincial y aproximadamente el 60 % de las materias primas utilizadas provienen de proveedores locales [4]. Esta realidad evidencia la necesidad de fortalecer los procesos de selección y gestión de proveedores, considerando no solo variables económicas, sino también aspectos relacionados con la calidad del suministro, el desempeño operativo y el cumplimiento de criterios ambientales.

No obstante, a nivel local, cerca del 45 % de las empresas carecen de sistemas formales para la evaluación de proveedores [6]. Esta situación limita la capacidad de las organizaciones para realizar procesos de selección objetivos y sustentados en información verificable. Además, la falta de indicadores de desempeño, mecanismos de seguimiento y herramientas de análisis dificulta la verificación del cumplimiento de estándares técnicos y ambientales, generando riesgos asociados a retrasos en el abastecimiento, variaciones en la calidad de los materiales, uso ineficiente de recursos y afectaciones al desempeño operativo [7].

La planta de producción de hormigón Cotopaxi, ubicada en la región central del país, enfrenta una problemática similar. Actualmente, el proceso de selección de proveedores se fundamenta principalmente en criterios económicos, especialmente en el precio de las materias primas, sin disponer de un sistema estructurado que permita evaluar integralmente factores técnicos, logísticos y medioambientales. Como consecuencia, la organización presenta limitaciones para medir aspectos relacionados con la confiabilidad de los proveedores, la puntualidad en las entregas, la calidad de los materiales y el cumplimiento de prácticas sostenibles, afectando la eficiencia de su proceso de abastecimiento.

Esta situación genera efectos directos sobre el desempeño de la empresa, entre ellos retrasos en la producción y entrega de hormigón, variabilidad en la calidad de las materias primas, incremento de costos operativos y una limitada capacidad de respuesta ante contingencias de suministro. Adicionalmente, la ausencia de criterios ambientales dentro del proceso de selección dificulta la identificación de proveedores

comprometidos con prácticas responsables y alineadas con las exigencias actuales de sostenibilidad.

Por lo expuesto, resulta necesario implementar un procedimiento sistemático para la evaluación y selección de proveedores que permita integrar criterios económicos, técnicos, logísticos y medioambientales dentro de un modelo de decisión objetivo. La aplicación de una metodología multicriterio contribuirá a optimizar la gestión del abastecimiento, fortalecer la toma de decisiones, reducir riesgos asociados al suministro de materias primas y mejorar la competitividad de la planta hormigonera, promoviendo al mismo tiempo una gestión alineada con los principios del desarrollo sostenible.

1.3 Antecedentes investigativos

Actualmente, la optimización del abastecimiento mediante la selección de proveedores con un enfoque sostenible ha cobrado gran relevancia dentro de las gestiones de las cadenas de suministro, debido a presiones asociadas a aspectos regulatorios, ambientales y sociales. En este contexto, se ha demostrado que las cadenas de suministro son responsables de las emisiones globales de elementos nocivos, lo que ha impulsado la integración de diferentes criterios ambientales dentro de la toma de decisiones de compra y abastecimiento [8].

De esta manera, la gestión verde de la cadena de suministro se ha consolidado como un nuevo enfoque estratégico, cuya finalidad es la reducción de impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida del producto y a su vez, influir positivamente en el desempeño sostenible de las empresas, debido a la integración de factores ambientales, económicos y sociales [9].

La selección de proveedores verdes es uno de los componentes clave de este enfoque, y se considera un paso crítico para mejorar el desempeño ambiental de la cadena de suministro. Con base a esto, diversos estudios proponen modelos basados en criterios del triple resultado, es decir, asumiendo que factores económicos, ambientales y sociales influyen directamente sobre la sostenibilidad, calidad y riesgo; otro tipo de modelos son los considerados de tipo integrado AHP-FMEA, los cuales incorporan

variables ambientales y de riesgo para mejorar la precisión en la selección de proveedores verdes [10] [11].

De igual manera , investigaciones más recientes incorporan metodologías multicriterio avanzadas utilizando técnicas híbridas como Fuzzy AHP-CoCoSo y Fuzzy SWARA-FMEA para la selección de proveedores considerando aspectos como: desempeño ambiental y riesgos de suministro, evidenciándose una interdependencia entre la sostenibilidad y resiliencia [12]. Otros enfoques proponen modelos de optimización que integran criterios ambientales con restricciones económicas, demostrando mejoras dentro del sistema de abastecimiento, por lo tanto, una reducción marcada de emisiones [13].

En el contexto de la evaluación de proveedores, se han implementado prácticas de selección que han permitido concluir que los criterios ambientales para la selección varían según el contexto sectorial, donde factores como: ecoeficiencia, flexibilidad, precio y cumplimiento ambiental, inciden significativamente dentro de las decisiones de las empresas compradoras [14] [15].

Un punto importante para resaltar es que la selección de proveedores sostenibles debe surgir de la articulación entre criterios tradicionales como el costo, la calidad y la entrada con aspectos ambientales y sociales, por ejemplo, el consumo energético de la empresa, su sistema de generación de residuos y uso de energías renovables, siendo estos indicadores claves dentro de la evaluación de proveedores verdes [16] [17].

Otro punto para destacar es la optimización del sistema de abastecimiento, donde estudios recientes han logrado incorporar diferentes modelos matemáticos y probabilísticos, los cuales se basan en la confiabilidad del proveedor, considerando el grado de incertidumbre derivado de la capacidad de suministro y las restricciones operativas [18]. En este sentido, este tipo de enfoques permiten mejorar la planificación del sistema de abastecimiento bajo condiciones de riesgo [19].
Por lo tanto, el fortalecimiento de las prácticas sostenibles dentro de la optimización de los sistemas de abastecimiento surge de la articulación entre las empresas y los proveedores, donde la integración de criterios ambientales no solo influye dentro de la selección, sino también en la permanencia o exclusión de un proveedor dentro de la cadena de suministro [20].

En el contexto ecuatoriano, la incorporación de criterios de sostenibilidad dentro de la gestión del abastecimiento y la selección de proveedores ha sido producto del establecimiento de políticas públicas e iniciativas empresariales orientadas a la reducción del impacto ambiental, pero sin dejar de lado, criterios de competitividad.

En este sentido, una de los avances más relevantes a nivel nacional ha sido la institucionalización de las compras públicas sostenibles mediante la Estrategia Nacional impulsada por el Servicio Nacional de Contratación Públicas (SERCOP) en coordinación con el Ministerio del Ambiente, cuyo objetivo es la articulación de criterios ambientales con los procesos de contratación estatal, promoviendo prácticas responsables dentro de la selección de proveedores y en el abastecimiento de bienes y servicios [21].

De esta manera, un estudio realizado en PYMES de Guayaquil, evidencia que prácticas como las compras verdes, la logística inversa y la innovación ambiental tienen un impacto positivo dentro del desempeño ambiental empresarial; no obstante, también se identificó que las principales limitaciones que presentan la adopción de este enfoque es la falta de conocimiento, de recursos y de capacitación para implementar estrategias sostenibles de manera efectiva [22].

Por otro lado, investigaciones aplicadas en el cantón Pelileo han abordado la relación entre la cadena de suministro y la gestión ambiental. En este sentido, los autores destacan la necesidad de integrar estrategias sostenibles para el manejo de residuos sólidos, concluyendo a su vez, que la adopción de este tipo de enfoques dentro de las cadenas de suministro, permiten mitigar impactos ambientales y mejorar la eficiencia dentro de los procesos productivos, aunque su implementación aún es incipiente [23]. Respecto a la selección de proveedores, investigaciones a nivel nacional han abordado el uso de metodologías multicriterio para la toma de decisiones, aplicando herramientas como el AHP, TOPSIS y métodos híbridos que permiten la evaluación simultánea de variables económicas, ambientales y sociales [24]. De este modo, estos enfoques posibilitan la optimización de los sistemas de abastecimiento, integrando criterios de sostenibilidad y resiliencia dentro del proceso de selección de proveedores.

Del mismo modo, estudios orientados a analizar el impacto de la evaluación de proveedores dentro de la calidad de los insumos, han permitido identificar que, a nivel nacional, las principales limitantes se asocian con deficiencias en la organización de los insumos, control de condiciones de almacenamiento y la evaluación de proveedores a pesar de contar con certificaciones de calidad, junto a una falta de un sistema formal y documentado para la selección y evaluación de proveedores [25]. Esto permite resaltar que un proceso eficaz de selección de proveedores parte de un plan de evaluación que incluya criterios claros y medibles.

Con base a esto, investigaciones orientadas a explorar los desafíos de inseguridad que afectan a la cadena de suministro a nivel nacional, reflejan que la que la corrupción y la burocracia en puertos y aduanas han sido obstáculos importantes, ralentizando la cadena de suministro y aumentando costos, por lo que se necesitan soluciones para mejorar la transparencia y garantizar la estabilidad económica del país [26].

Finalmente, iniciativas institucionales como aquellas promovidas por el Centro Ecuatoriano de Eficiencia de Recursos (CEER) han impulsado la adopción de prácticas asociadas a la producción limpia, economía circular y medición de huella de carbono a nivel nacional [27]. Estas acciones reflejan una tendencia creciente orientada a la incorporación de criterios ambientales dentro de los procesos productivos, empresariales y de abastecimiento, permitiendo el fortalecimiento hacia modelos sostenibles de gestión [28].

1.4 Fundamentación teórica

1.4.1 Gestión sostenible de la cadena de suministro

La gestión de la cadena de suministro (SCM) se ha consolidado como un enfoque estratégico dentro de las organizaciones, ya que permite la integración de diferentes procesos que abarcan la adquisición de materias primas hasta la entrega del producto final al consumidor. De esta manera, la SCM ha evolucionado hacia modelos más complejos que no solo buscan la eficiencia operativa, sino también la sostenibilidad y

resiliencia, en respuesta a contextos actuales caracterizados por la globalización, la digitalización y la volatilidad [29].

En este contexto, surge el concepto de gestión sostenible de la cadena de suministro (SSCM) el cual logra incorporar criterios ambientales, sociales y económicos dentro de la toma de decisiones a lo largo de toda la cadena, para reducir los impactos negativos derivados de las cadenas productivas, ante la creciente presión por parte de los gobiernos, consumidores y organismos internacionales [30].

La SSCM se define como un modelo de gestión que intenta equilibrar el desempeño organizacional, mediante la integración de prácticas sostenibles en todas las etapas de la cadena, con la capacidad de generar beneficios para las empresas, la sociedad y el medio ambiente, como se muestra en la Figura 1. Esto, fundamentado en el enfoque del triple resultado, el cual considera la dimensión económica, ambiental y social [31].

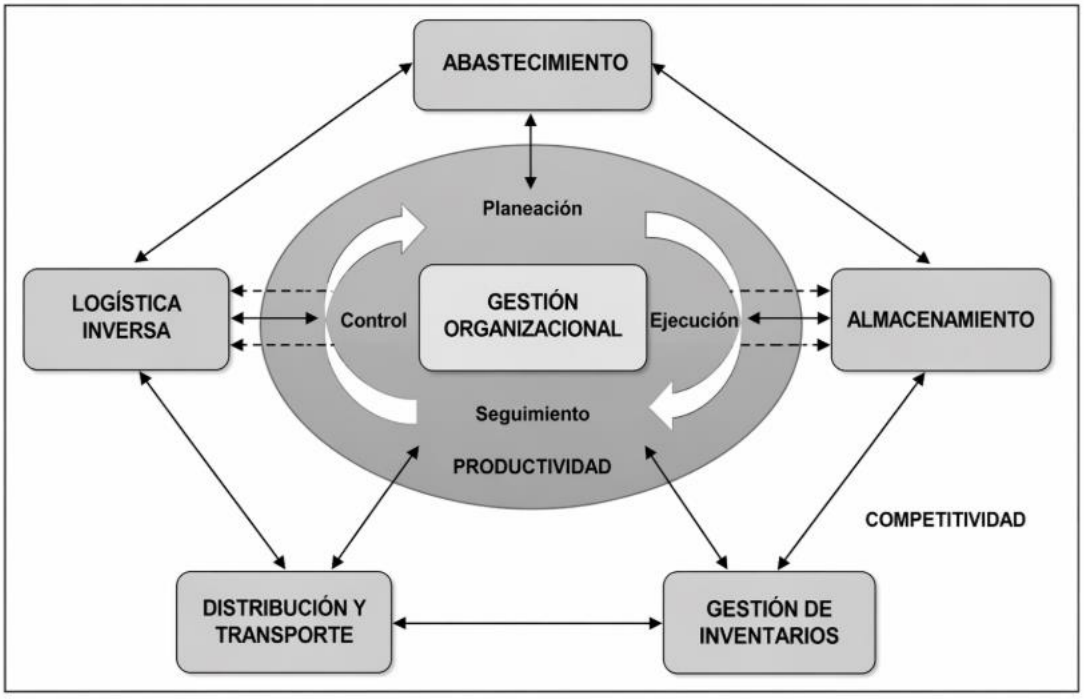


Figura 1. Diagrama del modelo de la cadena de suministro [32]

A continuación, se describen cada una de las dimensiones asociadas al enfoque del triple resultado [20]:

- ***Dimensión económica:*** busca mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y aumentar la competitividad empresarial.

- ***Dimensión ambiental:*** orientada a minimizar el impacto ecológico a través de la reducción de emisiones, el uso eficiente de recursos y la adopción de prácticas como la economía circular y la logística inversa.
- ***Dimensión social:*** fomenta el respeto a los derechos laborales, la equidad y el desarrollo de comunidades vinculadas a la cadena productiva.

De esta manera, la sostenibilidad dentro de la cadena de suministro se ha convertido en un factor clave del éxito empresarial, ya que, aspectos como la incertidumbre económica y los cambios geopolíticos influyen directamente sobre la gestión del desempeño estratégico de las organizaciones, influyendo directamente sobre su desempeño y reputación [33]. En ese sentido, prácticas innovadoras como la digitalización, el uso de tecnologías emergentes y la colaboración interorganizacional, son implementadas para fortalecer la transparencia y trazabilidad en la cadena de suministro [24].

Por lo tanto, la gestión sostenible en las cadenas de suministro implica un cambio radical en la forma en que las organizaciones gestionan sus relaciones con proveedores y otros actores claves; ya que no solo se enfoca en la optimización de costos o tiempos de entrega, sino en garantizar que todos los elementos de la cadena cumplan con estándares ambientales y sociales adecuados [29].

1.4.2 Abastecimiento sostenible de materias primas

En general, el abastecimiento de materias primas constituye un proceso estratégico dentro de la gestión de la cadena de suministro, ya que influye de manera directa sobre la continuidad operativa, la calidad del producto final y el desempeño organización; por lo que en los últimos años su enfoque tradicional centrado en el costo y la eficiencia ha evolucionado hacia un modelo integral que incorpora criterios de sostenibilidad ambiental y social [34].

En este sentido, el abastecimiento sostenible se define como aquel que, al adquirir recursos, no solo tiene en cuenta aspectos económicos, sino también los impactos ambientales y sociales a lo largo del ciclo de vida, respondiendo así a una creciente presión global para minimizar los efectos negativos de su extracción, procesamiento y transporte [35].

La sostenibilidad en el abastecimiento adquiere relevancia debido al alto impacto que tiene la explotación de materias primas sobre el medio ambiente, donde se estima que los sectores industriales como la construcción, consumen una proporción significativa de los recursos naturales globales, generando efectos como emisiones de CO2, degradación de ecosistemas y agotamiento de recursos [36]. Esto, ha impulsado la adopción de estrategias orientadas a mejorar la eficiencia dentro del uso de materiales, promoviendo modelos de economía circular [37].

El abastecimiento sostenible se vincula estrechamente con el enfoque de abastecimiento responsable, cuyo enfoque implica garantizar que las materias primas sean obtenidas bajo condiciones que respeten tanto el medio ambiente como los derechos humanos, minimizando impactos como: la contaminación, destrucción de hábitats y prácticas laborales inadecuadas, contribuyendo al cumplimiento de objetivos globales de sostenibilidad [38].

Desde el punto de vista empresarial el abastecimiento sostenible no solo responde a exigencias regulatorias o éticas, sino que también constituye una fuente de ventaja competitiva, ya que, al implementar prácticas sostenibles, las organizaciones mejoran su reputación y fortalecen la confianza de los stakeholders, reduciendo riesgos asociados a la volatilidad del suministro de recursos. Además, la integración de este tipo de criterios permite anticipar cambios normativos y, por lo tanto, adaptarse a entornos más exigentes en términos ambientales [39].

El implemento del abastecimiento sostenible implica un aumento en la complejidad dentro del proceso de toma de decisiones, ya que requiere evaluar múltiples criterios de manera simultánea, como: impacto ambiental, eficiencia en el uso de recursos, condiciones sociales de producción y costos asociados [40]. Esta complejidad ha impulsado la aplicación de herramientas analíticas basadas en modelos multicriterio, los cuales permiten jerarquizar los diferentes factores involucrados dentro de la selección de proveedores y fuentes de abastecimiento como se detalla en la Figura 2 [41].



Figura 2. Elementos del sistema abastecimiento sostenible de materias primas [42]

Asimismo, la trazabilidad y la transparencia se han convertido en aspectos fundamentales dentro del abastecimiento sostenible, ya que la capacidad de rastrear el origen de las materias primas y verificar las condiciones en las que fueron obtenidas, permite garantizar el cumplimiento de estándares ambientales y sociales, y a su vez, fortalecer la confianza entre los actores de la cadena de suministro [43]. De esta manera, el uso de tecnologías emergentes y sistemas de información ha facilitado la gestión de datos y el control de los procesos de abastecimiento [44].

1.4.3 Selección de proveedores sostenibles

La selección de proveedores constituye una de las decisiones más importantes dentro de las cadenas de suministro, debido a su impacto directo sobre la calidad, costos, continuidad operativa y el desempeño global de las organizaciones, donde este tipo de procesos han evolucionado hacia un enfoque que incorpora criterios ambientales y sociales [45].

En este sentido, la selección proveedores sostenibles se define como el proceso de evaluación y elección de proveedores considerando simultáneamente criterios

económicos, ambientales y sociales bajo en el enfoque del triple resultado, para así garantizar no solo la eficiencia operativa, sino también la reducción de impactos negativos en el entorno y la generación de valor social a lo largo de la cadena de suministro [46].

De esta manera, los proveedores desempeñan un papel fundamental dentro del desempeño sostenible de las organizaciones, ya que influyen directamente en aspectos como el uso de recursos, la generación de emisiones y las condiciones laborales en la cadena productiva, permitiendo la implementación efectiva de estrategias de sostenibilidad empresarial [45].

Por otro lado, a diferencia de los enfoques tradicionales, la selección de proveedores sostenibles incorpora nuevas dimensiones relacionadas con el impacto ambiental y la responsabilidad social, tales como: gestión ambiental, cumplimiento de normativas, eficiencia en el uso de recursos, prácticas laborales e innovación sostenible; donde estos criterios suelen estructurarse dentro de las tres dimensiones de la sostenibilidad, permitiendo una evaluación integral de los proveedores [47].

La selección de proveedores implica la evaluación de variables cuantitativas y cualitativas con cierto grado de incertidumbre o subjetividad, como se detalla en la Figura 3. Esta situación es reportada como un problema de decisión multicriterio, el cual requiere del uso de herramientas analíticas avanzadas para su adecuada resolución [48].

En este contexto, la incorporación de metodologías de evaluación multicriterio permite analizar de manera estructurada las diferentes alternativas de proveedores, considerando la importancia relativa de cada criterio dentro del proceso de decisión. Estas herramientas facilitan la priorización de proveedores mediante modelos que integran aspectos económicos, ambientales y sociales, permitiendo obtener resultados más objetivos y alineados con los objetivos estratégicos de la organización.

Además, la evaluación sostenible de proveedores contribuye al fortalecimiento de la gestión de la cadena de suministro, debido a que permite identificar oportunidades de mejora, reducir riesgos asociados al abastecimiento y promover relaciones comerciales basadas en criterios de desempeño integral.

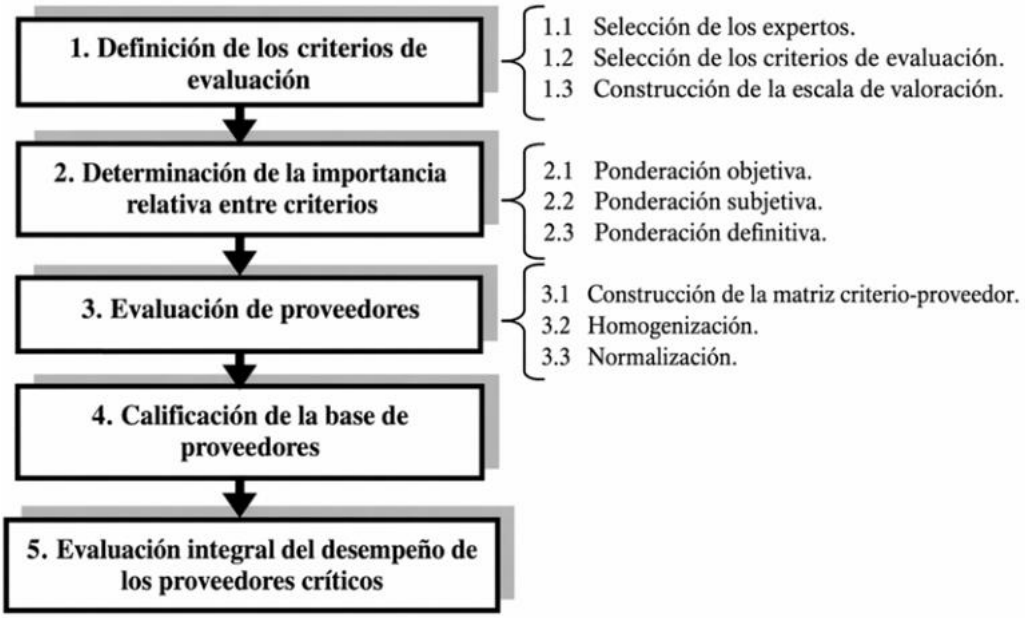


Figura 3. Proceso de selección de proveedores sostenibles [49]

En respuesta, diversos métodos han sido propuestos para apoyar la selección de proveedores sostenibles, tales como: el Analytic Hierarchy Process (AHP), TOPSIS, ANP y métodos difusos, cuyos enfoques permiten estructurar el problema, asignar pesos a los criterios y priorizar alternativas de manera sistemática [50].

Asimismo, el empleo de modelos híbridos que combinan diversas técnicas de decisión multicriterio permite mejorar la precisión y robustez del proceso de selección. Por ejemplo, la combinación de AHP con técnicas como TOPSIS o ANP facilita la evaluación de proveedores en situaciones en las que es necesario considerar múltiples factores interrelacionados [51].

La selección de proveedores sostenibles no solo contribuye a la reducción del impacto ambiental, sino que también genera beneficios estratégicos, tales como: mejora de la reputación corporativa, fortalecimiento de relaciones a largo plazo con proveedores y la reducción de riesgos asociados a interrupciones en la cadena de suministro, permitiendo a las empresas cumplir con regulaciones ambientales y responder a las demandas de consumidores con más consciencia sobre la sostenibilidad [52].

Por lo tanto, uno de los principales desafíos de este proceso es la disponibilidad y confiabilidad de la información, donde las empresas deben tomar decisiones basadas en datos inciertos, lo que refuerza la necesidad de aplicar metodologías que

permitan manejar la incertidumbre como los enfoques difusos o probabilísticos, impulsando el desarrollo de modelos que integran inteligencia artificial y análisis avanzado de datos [53].

1.4.4 Criterios de evaluación sostenible

La evaluación de proveedores sostenibles se fundamenta en la definición de una serie de criterios que permiten el análisis integral del desempeño de los proveedores en términos económicos, ambientales y sociales, constituyendo la base para la toma de decisiones [54]. En este sentido, la estructuración adecuada de estos criterios es un paso determinante para garantizar la efectividad de los modelos de selección de proveedores [55].

En este contexto, los criterios de evaluación sostenible se estructuran bajo el enfoque del triple resultado o bajo el marco ESG (environmental, social and gobernance), donde este último ha ganado relevancia debido a su alineación con estándares internacionales y su capacidad para integrar indicadores medibles y verificables enfocados en sostenibilidad [52].

A continuación, en la Figura 4, se describen las dimensiones consideradas dentro de la evaluación sostenible:

- ***Dimensión ambiental:*** se integran criterios como: gestión de emisiones, uso eficiente de recursos, gestión de residuos y el cumplimiento de normativas ambientales [53]. Asimismo, se incluyen indicadores claves como la huella de carbono, el consumo de energía y agua, la gestión de sustancias peligrosas y la implementación de prácticas de reciclaje como elementos fundamentales para la evaluación del desempeño ambiental de los proveedores [52].

- ***Dimensión social:*** los criterios se enfocan en factores asociados al bienestar de los trabajadores y la responsabilidad social empresarial por medio de indicadores, como: condiciones laborales, seguridad y salud ocupacional, respeto por los derechos humanos, equidad de género y relación con las comunidades locales [53].

- ***Dimensión económica:*** se consideran criterios como: calidad, confiabilidad en las entregas, flexibilidad, capacidad de innovación y la estabilidad financiera del proveedor, garantizando no solo la eficiencia operativa, sino su contribución a la resiliencia de la cadena de suministro [18].

Criterios	Prioridad	Subcriterios	Forma de verificación	Etapas del LCA
Sostenibilidad ambiental	- Alta - Media - Baja	- Eficiencia energética - Gestión de residuos - Minimización de emisiones - Desarrollo tecnológico - Optimización de los recursos	- Información técnica de los productos - Certificaciones - Etiquetas ecológicas - Auditoría - Documentación del proveedor - Convenios para la disposición final de los productos	- Extracción de los recursos - Producción - Distribución - Uso - Disposición final
Sostenibilidad social	- Alta - Media - Baja	- Innovación social - Número de beneficiarios - Erradicación del trabajo infantil - Contratación de personal con discapacidad - Seguridad y salud laboral - Tipo de mype	- Ficha técnica del producto - Certificaciones - Auditoría	- Extracción de los recursos - Producción - Distribución - Uso - Disposición final
Sostenibilidad económica	- Alta - Media - Baja	- Garantía del fabricante - Vida útil del producto - Costo de mantenimiento - Volúmenes de compra - Razón del gasto de la compra y del presupuesto anuales	- Ficha técnica del producto - Certificaciones - Auditoría	- Extracción de los recursos - Producción - Distribución - Uso - Disposición final

Figura 4. Criterios de evaluación sostenible [56]

La integración de estas dimensiones se realiza mediante un índice ponderado que permite comparar el desempeño global del proveedor basado en variables cuantitativa y cualitativas [57]. Este índice se calcula mediante la ecuación (1)

$$S = \sum Wi \cdot Pi \qquad (1)$$

Donde:

IS: índice de sostenibilidad

Wi: peso asignado para cada criterio

Pi: puntuación obtenida por el proveedor

Recientemente se ha incorporado la dimensión de gobernanza dentro del enfoque ESG, el cual incluye criterios relacionados con la transparencia, la ética empresarial, el

cumplimiento normativo y la gestión organizacional, permitiendo una evaluación más completa del proveedor [52].

De esta manera, la identificación y selección de criterios dependen del contexto de cada organización y sector industrial. Asimismo, la asignación de pesos a los criterios debe realizarse en función de su importancia relativa, ya que no todos los factores tienen el mismo impacto en la sostenibilidad del proveedor [58].

Además, la integración de criterios relacionados con la economía circular, tales como: uso de materiales reciclados, reutilización de recursos y la minimización de residuos, reflejan una evolución en los enfoques de sostenibilidad, orientados hacia modelos más regenerativos y eficientes en el uso de recursos [54].

1.4.5 Optimización del abastecimiento de materias primas

La optimización del abastecimiento de materias primas es un proceso estratégico orientado a mejorar la eficiencia dentro de la adquisición, gestión y flujo de insumos dentro de la cadena de suministro como se evidencia en la Figura 5, cuyo objetivo es la minimización de costos, reducir tiempos de entrega y garantizar la disponibilidad de recursos bajo estándares de calidad y sostenibilidad [59].

En este contexto, la optimización del abastecimiento se apoya en enfoques cuantitativos y modelos de decisiones que permiten mejorar la asignación de recursos por medio de técnicas, como: programación lineal y no lineal, simulación de procesos logísticos y modelos de optimización de inventarios y transporte, para la identificación de soluciones eficientes en términos de costos y tiempo, optimizando el desempeño global de la cadena de suministro [60].

Además, la optimización del abastecimiento permite mejorar la coordinación entre proveedores, recursos y procesos productivos, reduciendo posibles interrupciones en la cadena de suministro y fortaleciendo la capacidad de respuesta de la organización. En este sentido, la aplicación de modelos de optimización contribuye a establecer estrategias de abastecimiento más eficientes, considerando factores como disponibilidad, calidad, costos y sostenibilidad para garantizar un desempeño integral del sistema productivo..



Figura 5. Gestión de la cadena de abastecimiento de materias primas [61]

De esta manera, el desempeño global de los proveedores puede determinarse a través de un puntaje ponderado calculado a partir de la ecuación (2) [59]:

$$Si = \sum Wj \cdot Pij \qquad (2)$$

Donde:

Si: puntaje global del proveedor

Wj: peso del criterio j

Pij: valoración del proveedor i en el criterio j

Un enfoque relevante es la integración de la sostenibilidad dentro de la optimización del abastecimiento, considerando no solo variables económicas, sino también impactos ambientales y sociales, para: reducir emisiones y desperdicios, mejorar la eficiencia en el uso de recursos, promover prácticas responsables en la cadena de suministro y alinear el abastecimiento con los principios del desarrollo sostenible [62].

1.4.6 Modelos de decisión multicriterio (MCDM)

Los métodos enfocados en modelos de decisión multicriterio se definen como un conjunto de técnicas analíticas diseñadas para evaluar y priorizar alternativas en

función de múltiples criterios cuantitativos y cualitativos, cuya finalidad es facilitar la toma de decisiones, permitiendo analizar diferentes opciones considerando la importancia relativa de cada criterio y sus posibles interrelaciones [63].

En este sentido, la selección de proveedores ha sido ampliamente reconocido como un problema de decisión multicriterio debido a la necesidad de evaluar factores económicos, ambientales y sociales de manera simultánea, proporcionando un marco sistemático para la comparación de alternativas y la asignación de prioridades [64].

Una de las características a destacar de los métodos MCDM es que logra integrar múltiples dimensiones de análisis dentro de un mismo modelo, permitiendo evaluar de manera simultánea criterios económicos (costos y calidad), ambientales (emisiones o uso de recursos) y sociales (condiciones laborales), facilitando la realización de evaluaciones integrales del desempeño de los proveedores [65].

De esta manera, entre los métodos MCDM más utilizados destacan: Analytic Hierarchy Process(AHP), Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), Analytic Network Process (ANP) y métodos difusos (Fuzzy); donde cada uno presenta características específicas que los hacen más o menos adecuados dependiendo del tipo de problema a resolver como se muestra en la Figura 6 [66].

La aplicación de estos métodos permite estructurar problemas complejos de decisión mediante la definición de criterios, ponderaciones y alternativas de evaluación, reduciendo la subjetividad asociada a los procesos tradicionales de selección. En consecuencia, los modelos MCDM se convierten en herramientas fundamentales para mejorar la gestión del abastecimiento, al proporcionar resultados más objetivos que contribuyen a la selección de proveedores con mayor desempeño económico, ambiental y operativo.

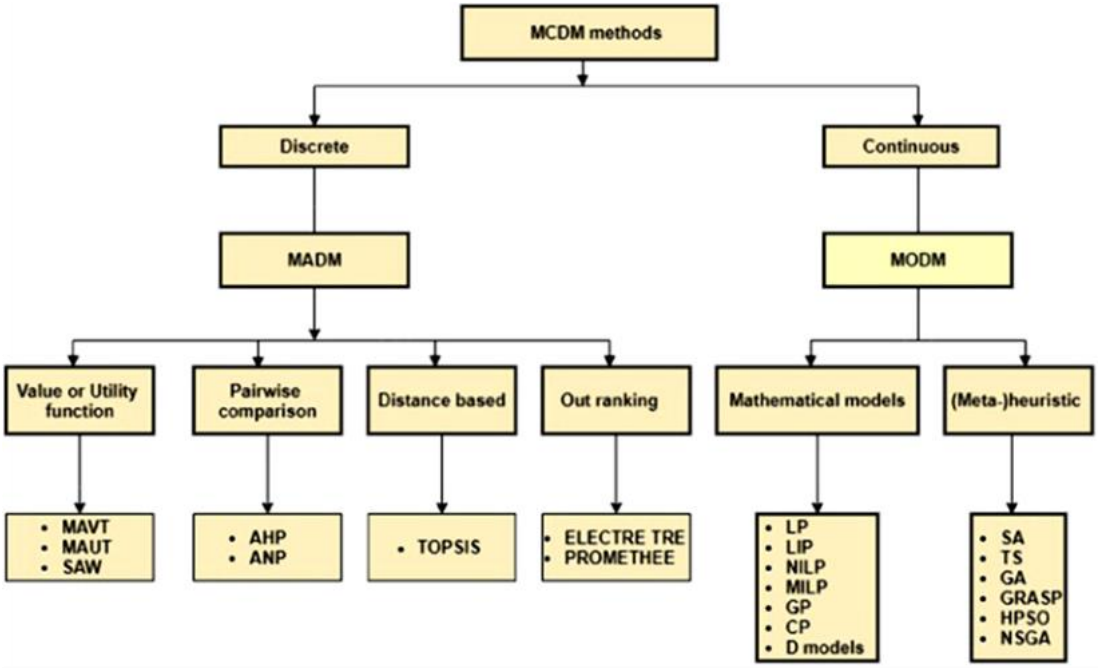


Figura 6. Tipos de modelos de decisión multicriterio (MCDM) [67]

Una de las principales ventajas de los modelos MCDM radica en su capacidad para manejar información cuantitativa y cualitativa, siendo importante en contextos donde existen criterios subjetivos. Asimismo, permiten la incorporación de opiniones de expertos, contribuyendo a enriquecer la toma de decisiones y a aumentar la validez de los resultados obtenidos [63].

En el contexto de la sostenibilidad, los modelos MDCM han demostrado tener gran utilidad para la evaluación de proveedores, ya que permiten integrar criterios de tipo ESG para el análisis, contribuyendo a la selección de proveedores que no solo cumplan requisitos económicos, sino que generen a su vez, valor ambiental y social [58].

1.4.7 Método Analytic Hierarchy Process (AHP)

a. Fundamentos del Método Analytic Hierarchy Process (AHP)

El AHP se define como una técnica de toma de decisiones que permite la descomposición de un problema de alta complejidad en una estructura jerárquica, facilitando su análisis mediante comparaciones por pares entre los elementos que lo componen [68].

Uno de los principios que caracteriza al AHP, es su capacidad para estructurar problemas de decisión en forma jerárquica, organizando los elementos mostrados en la Figura 7, en diferentes niveles, tales como: objetivo general, criterios, subcriterios y alternativas, facilitando a su vez, la comprensión del problema y el análisis de cada componente de manera independiente [69].

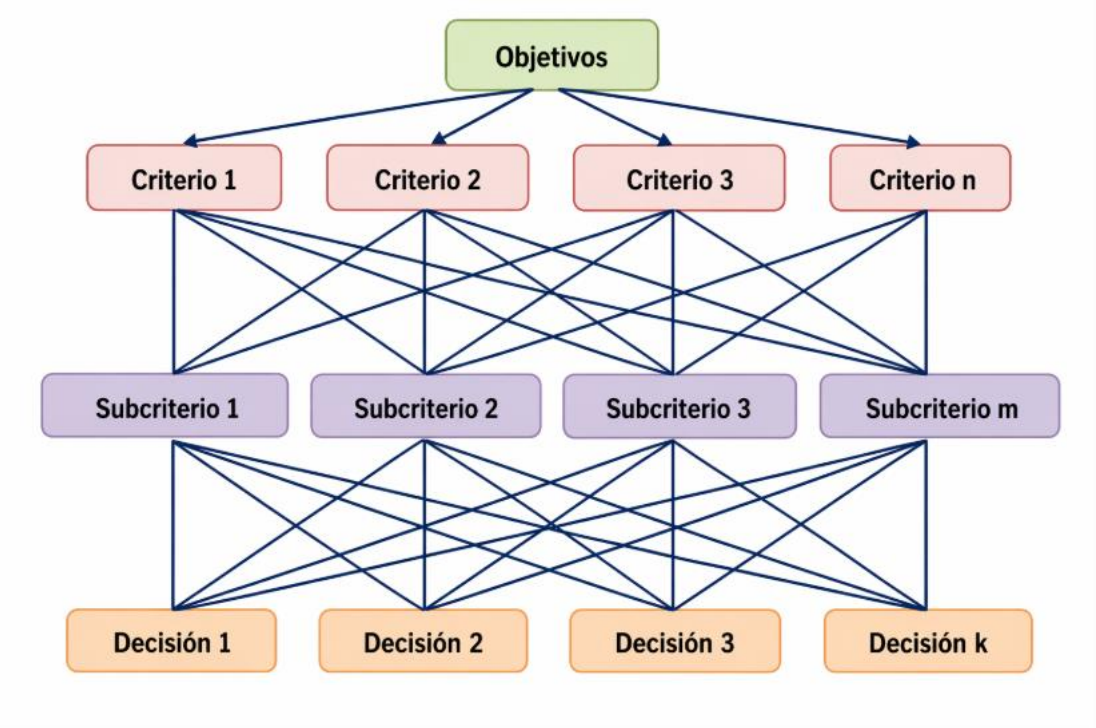


Figura 7. Esquema general del método Analytic Hierarchy Process (AHP) [70]

El AHP se basa en el uso de comparaciones por pares, donde se evalúa la importancia relativa de un elemento respecto a otro en función de un criterio, convirtiendo juicios cualitativos en valores numéricos que pueden ser procesados matemáticamente, para obtener un conjunto de prioridades o pesos que reflejan la importancia relativa de cada criterio o alternativa [71].

Asimismo, el método es capaz de integrar criterios cuantitativos y cualitativos dentro del mismo modelo. Esto, lo convierte en una herramienta útil en contextos de sostenibilidad, donde muchos factores no pueden ser medidos de manera directa, permitiendo realizar evaluaciones integrales que consideran múltiples dimensiones del problema [69].

El AHP permite identificar posibles inconsistencias en las comparaciones realizadas, lo que contribuye a mejorar la calidad y confiabilidad de los resultados, siendo relevante para la toma de decisiones grupales donde pueden existir diferencias de criterio entre los participantes [71].

En general, a través de comparaciones pareadas, se determina la importancia relativa entre criterios mediante una escala de valores del 1 al 9, donde estas comparaciones generan un vector de prioridades que se obtiene mediante la ecuación (3) [57]:

$$A \cdot W = \lambda max \cdot W \quad (3)$$

Donde:

A: matriz de comparaciones pareadas

W: vector de pesos

λmax: valor propio máximo asociado

Asimismo, la consistencia del juicio humano se evalúa mediante los índices presentados en las ecuaciones (4) y (5) [72]:

$$CI = \frac{\boldsymbol{\lambda max} - n}{1 - n} \quad (4)$$

$$CI = \frac{\text{CI}}{\text{RI}} \quad (5)$$

Donde:

CI: índice de consistencia

RI: índice aleatorio

CR ≤ 0.1 indica que el modelo es confiable

b. Estructura jerárquica del AHP

En general, la estructura jerárquica del AHP se organiza en niveles, donde cada uno representa un conjunto de elementos relacionados entre sí. Esta jerarquía se construye

en tres o cuatro niveles principales: el objetivo, los criterios, los subcriterios y las alternativas [73].

En este contexto, se describirán cada uno de ellos:

- El objetivo general se encuentra en el nivel superior, representando el propósito principal de las decisiones de manera clara y definida, ya que orienta todo el proceso del análisis [74].

- Los criterios de decisiones se sitúan en el segundo nivel, representando los factores relevantes que influyen en el logro del objetivo. En este sentido, estos criterios abarcan dimensiones económicas, ambientales y sociales, por lo que su correcta identificación es clave para garantizar la validez del modelo y la calidad del proceso de evaluación [75].

- Los subcriterios se ubican en el tercer nivel, permitiendo desagregar los criterios principales en elementos más específicos y detallados. Asimismo, esta descomposición contribuye a mejorar la precisión del análisis, permitiendo evaluar aspectos particulares de cada criterio [76].

- Las alternativas se encuentran en el nivel inferior, correspondiente a las opciones disponibles entre las cuales se debe tomar una decisión, como indica la Figura 8 [77].

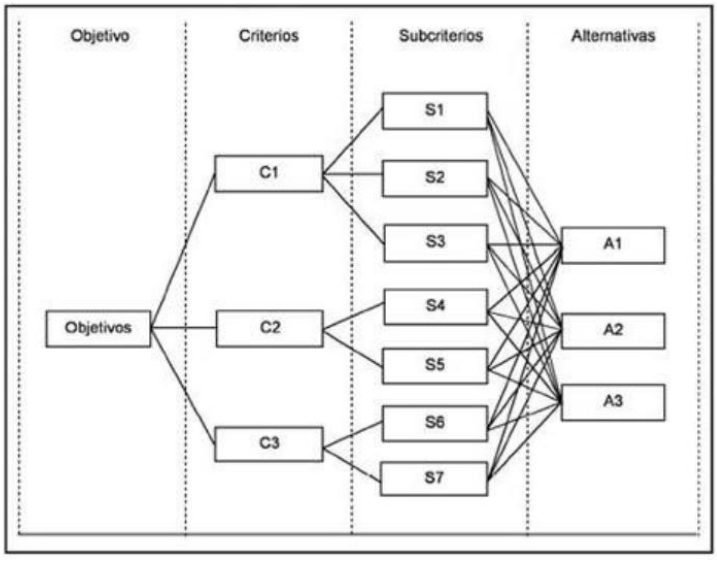


Figura 8. Esquema jerárquico para la toma de decisiones dentro del modelo HP [78]

La principal ventaja de esta estructura se fundamenta en su capacidad para simplificar problemas compuestos mediante la descomposición de los criterios, permitiendo analizar cada nivel de forma independiente y comprender el problema de tal manera que se logra mejorar la calidad de las decisiones por medio de una evaluación más organizada y sistemática [79].

La estructura jerárquica del AHP no solo organiza los elementos del problema, sino que también establece relaciones entre ellos, donde cada elemento de un nivel está vinculado con los elementos del nivel superior, lo que permite evaluar su contribución al objetivo general. Esto, permite asegurar que todas las decisiones estén alineadas con el objetivo principal, facilitando la trazabilidad del proceso de evaluación [80].

Por lo tanto, la correcta estructuración de la jerarquía constituye un paso crítico para la aplicación del AHP, ya que cualquier error dentro de la definición de los niveles o en la selección de criterios puede afectar los resultados del modelo; por ello, la estructura jerárquica debe ser desarrollada en base a revisión bibliográfica, análisis de contextos y complementada con una validación por expertos, para así garantizar su coherencia y pertinencia [75].

c. Escala de Saaty

La escala de comparación por pares propuesta por Saaty es uno de los elementos fundamentales del método AHP, la cual permite transformar variables cualitativas en valores numéricos que pueden ser procesados matemáticamente, constituyendo la base para la construcción de las matrices de comparación, y por lo tanto, la obtención de los pesos relativos de los criterios y alternativas [81].

En este sentido, la escala Saaty se fundamenta en un rango que va del 1 al 9, donde cada valor representa el grado de importancia relativa de un elemento respecto a otro dentro de un mismo nivel jerárquico, como se detalla en la Figura 9 [82].

Calificación Numérica	Escala Verbal de la Preferencia	Definición
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	Moderada importancia de un elemento sobre otro
5	Importancia grande	Importancia fuerte de un elemento sobre otro.
7	Importancia muy grande	Importancia demostrada de un elemento sobre otro.
9	Importancia extrema	Importancia absoluta de un elemento sobre otro
2, 4, 6 y 8	Valores intermedios	Valores intermedios, que se emplean para expresar preferencias que se encuentran entre dos de las anteriormente indicadas.
2	Igual – Moderada	Importancia entre igual y moderada de un elemento sobre otro.
4	Moderada – Fuerte	Importancia entre moderada y fuerte de un elemento sobre otro.
6	Fuerte – Muy Fuerte	Importancia entre fuerte y muy fuerte de un elemento sobre otro.
8	Muy Fuerte – Extrema	Importancia entre muy fuerte y extrema de un elemento sobre otro.

Figura 9. Escala de Saaty [78]

Asimismo, el método considera valores recíprocos, los cuales se utilizan cuando un elemento es menos importante que otro, garantizando la consistencia lógica de las comparaciones dentro de la matriz [83].

La escala de Saaty permite representar preferencias mediante una escala de razón, lo que implica que los valores asignados no solo reflejen el orden de preferencia, sino también la intensidad relativa entre los elementos comparados [84]. Adicionalmente, facilita la integración de juicios subjetivos en modelos cuantitativos, lo que resulta relevante en problemas de sostenibilidad, donde muchos criterios no pueden medirse directamente [85].

d. Matrices de comparación por pares

Las matrices de comparación por pares mostrado en la Figura 10 constituyen el núcleo operativo del método AHP, ya que permiten representar de forma estructurada la importancia relativa de los criterios o alternativas. En este sentido, a través de estas matrices, se transforman la información cualitativa en datos cuantitativos que serán utilizados para el cálculo de los pesos o prioridades [86].

	X_1	X_2	$\cdots$	X_j	$\cdots$	X_n
A_1	x_{11}	x_{12}	$\cdots$	x_{1j}	$\cdots$	x_{1n}
A_2	x_{21}	x_{22}	$\cdots$	x_{2j}	$\cdots$	x_{2n}
$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$
A_i	x_{i1}	x_{i2}	$\cdots$	x_{ij}	$\cdots$	x_{in}
$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$
A_m	x_{m1}	x_{m2}	$\cdots$	x_{mj}	$\cdots$	x_{mn}

Figura 10. Matriz de comparación por pares [78]

En el método AHP, una matriz de comparación por parte es definida como una matriz cuadrada de orden n , donde calada elemento a_{ij} representa la importancia relativa del elemento i respecto al elemento j [87]. De esta manera, la fórmula se expresa a través de la ecuación (6):

$$A = (a_{ij})_{n*n} \quad (6)$$

Donde se cumple que:

- $a_{ij} > 0$
- $a_{ij} = 1$ (todo elemento comparado consigo mismo tiene igual importancia)
- $a_{ij} = \frac{1}{a_{ij}}$ (propiedad de reciprocidad)

La construcción de la matriz se basa en la escala de Saaty, donde se compara cada par de elementos en función de su importancia relativa, donde para un conjunto n, se propone realizar $\frac{n(n-1)}{2}$ comparaciones, permitiendo completar la matriz [88].

En este contexto, los valores de la matriz representan relaciones de razón, es decir, representan cuántas veces un elemento es más importante que otro, permitiendo obtener una representación cuantitativa de las preferencias [89].

Por otro lado, una matriz de comparación por pares se considera perfectamente consistente cuando cumple la condición mostrada en la ecuación (7) [87]:

$$a_{ij} = a_{ik} * a_{jk} \quad (7)$$

Donde: sí un criterio i es 2 veces más importante que k y k es 3 veces más importante que j, entonces i debería ser 6 veces más importante que j.

De esta manera, la consistencia de la matriz es un factor crítico para garantizar la validez de los resultados, ya que inconsistencias elevadas pueden distorsionar los pesos obtenidos [86].

e. Cálculo de pesos

El cálculo de pesos o prioridades constituye una de las etapas más importantes del método AHP, ya que permite determinar la importancia relativa de los criterios o alternativas a partir de la matriz de comparación por pares mediante el método del vector propio (eigenvector) el cual transforma la matriz de comparación en un vector de pesos normalizado [90].

En este sentido, dada una matriz de comparación por pares A, cálculo de los pesos se fundamenta en la siguiente relación mostrada en la ecuación (8) [91]:

$$A_w = \lambda_{max} * w \quad (8)$$

Donde:

A: matriz de comparación por pares.

w: vector de pesos, el cual indica las prioridades relativas de los elementos evaluados, donde posteriormente se normaliza para que la suma de sus componentes sea igual a 1.

$\lambda_{max:}$ valor propio máximo de la matriz.

En este contexto, el cálculo del vector de prioridades se realiza mediante los siguientes pasos [92]:

- Se parte de la matriz A, construida a partir de la escala de Saaty.
- A partir de la matriz construida se realiza la normalización para transformar la misma en una escala comparable. Para esto, la matriz se divide por la suma de su respectiva columna como refleja la ecuación (9):

$$a'_{ij} = \frac{aiji}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} \quad (9)$$

- El peso de cada criterio es obtenido a partir del promedio de los valores de cada fila. Para esto, se genera una aproximación del vector propio principal mediante la ecuación (10):

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} a'_{ij} \quad (10)$$

- A partir del vector propio principal, el vector de pesos se normaliza a partir de la ecuación (11):

$$w_i^* = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \quad (11)$$

Finalmente, el vector resultante representa la importancia relativa de cada criterio o alternativa dentro del modelo, permitiendo capturar de manera precisa el criterio de decisión, incluso en contextos complejos con múltiples criterios, convirtiéndolo en un elemento central del AHP [93].

f. Relación de consistencia

En general, el cálculo del vector propio se relaciona directamente con el análisis de consistencia ya que el valor propio λ_{max} se utiliza para evaluar el grado de coherencia de la matriz [92].

Cuando la matriz es perfectamente consistente se cumple la relación que muestra la ecuación (12) [90]:

$$\lambda_{max} = n \quad (12)$$

Sin embargo, es común encontrar la relación que se refleja en la ecuación (13):

$$\lambda_{max} > n \quad (13)$$

Donde la diferencia entre estos valores permite calcular el índice de consistencia para garantizar la validez del proceso de toma de decisiones.

g. Índice de consistencia (CI) y razón de consistencia (CR)

Una de las características más importante del método AHP es la incorporación de mecanismos que permiten la evaluación de la coherencia dentro del proceso de decisión. Esto, por medio del índice de consistencia (CI) y la Razón de Consistencia (CR), las cuales son herramientas para medir el grado de racionalidad de las comparaciones por partes [94].

El índice de Consistencia (CI) mide la desviación de la matriz de comparación respecto a una matriz perfectamente consistente, la cual se calcula a partir del valor propio máximo λ_{max} obtenido a partir del cálculo del vector de prioridades. En este contexto, el cálculo del índice de consistencia se realiza mediante la ecuación (14) [92]:

$$\text{CI} = \frac{\boldsymbol{\lambda}_{\max}}{n-1} \quad (14)$$

Donde:

$\boldsymbol{\lambda}_{\max}$**:** valor propio máximo de la matriz

n: número de criterios o alternativas

Si la matriz es perfectamente consistente se cumple la relación (15):

$$\boldsymbol{\lambda}_{\max} = \text{n} = \text{CI} = 0 \quad (15)$$

Donde: si CI es mayor que cero, refleja cierto grado de inconsistencia en los juicios

De esta manera, para interpretar el CI es necesario compararlo con un valor de referencia conocido como Índice Aleatorio (RI) el cual representa el nivel de inconsistencia esperado en una matriz generada aleatoriamente y depende del tamaño de la matriz (n) y ha sido estimado mediante simulaciones estadísticas [95].

Por otro lado, la Razón de Consistencia (CR) permite evaluar si el nivel de inconsistencia de la matriz es aceptable [94]. Se calcula como por medio de la ecuación (16):

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{16}$$

Este indicador permite obtener una medida relativa de la consistencia, donde un valor de $CR < 0.10$ indica que la matriz de comparación es consistentemente aceptable, caso contrario, se recomienda revisar los juicios emitidos [96].

Una de las características más importantes del método AHP es la incorporación de mecanismos que permiten la evaluación de la coherencia dentro de los procesos de decisión. Esto, por medio del Índice de Consistencia (CI) y la Razón de Consistencia (CR), las cuales son herramientas para medir el grado de racionalidad de las comparaciones por pares [91].

El índice de Consistencia (CI) mide la desviación de la matriz de comparación respecto a una matriz perfectamente consistente, la cual se calcula a partir del valor propio máximo $\boldsymbol{\lambda}_{\max}$ obtenido por medio del cálculo del vector de prioridades. En este contexto, el cálculo del índice de consistencia se realiza mediante la ecuación (17) [89]:

$$\text{CI} = \frac{\boldsymbol{\lambda}_{\max}}{n-1} \tag{17}$$

Donde:

$\boldsymbol{\lambda}_{\max}$**:** valor propio máximo de la matriz

n: número de criterios o alternativas

Si la matriz es perfectamente consistente se cumple la relación que se muestra en la ecuación (18):

$$\boldsymbol{\lambda}_{\max} = \text{n} = \text{CI} = 0 \tag{18}$$

Donde: si CI es mayor que cero, refleja cierto grado de inconsistencia en los juicios

De esta manera, para interpretar el CI es necesario compararlo con un valor de referencia conocido como Índice Aleatorio (RI) el cual representa el nivel de inconsistencia esperado en una matriz generada aleatoriamente dependiendo del tamaño de la matriz (n) y que ha sido estimado mediante simulaciones estadísticas [92].

Por otro lado, la Razón de Consistencia (CR) permite evaluar si el nivel de inconsistencia de la matriz es aceptable [91]. Se calcula como por medio de la ecuación (19):

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{19}$$

Este indicador permite obtener una medida relativa de la consistencia, donde un valor de CR < 0.10 indica que la matriz de comparación es consistentemente aceptable, caso contrario, se recomienda revisar los juicios emitidos [93].

1.4.8 Aplicación del AHP en la selección de proveedores sostenibles

La selección de proveedores sostenibles es un proceso crítico dentro de la gestión de la cadena de suministro, ya que influye directamente dentro del desempeño económico, ambiental y social de las organizaciones [97]. En este sentido, este tipo de proceso se caracteriza por ser un problema de toma de decisiones multicriterio, lo que ha permitido que métodos como AHP se consoliden como una herramienta útil para estructurar, resolver y obtener prioridades relativas de manera sistemática.

En este contexto, la aplicación del AHP dentro de la selección de proveedores ha evolucionado desde enfoques tradicionales hacia modelos que incorporan aspectos de sostenibilidad bajo el enfoque de triple resultado [98]. Los aspectos considerados son los siguientes:

- ***Económico:*** costo, calidad, tiempo de entrega.
- ***Ambiental:*** emisiones, uso de recursos, certificaciones.
- ***Social:*** condiciones labores, responsabilidad social.

En este sentido la Figura 11 muestra la inclusión de estos criterios permite la evaluación integral de los proveedores, por medio de la toma decisiones de abastecimiento alineadas con objetivos de sostenibilidad empresarial [46].

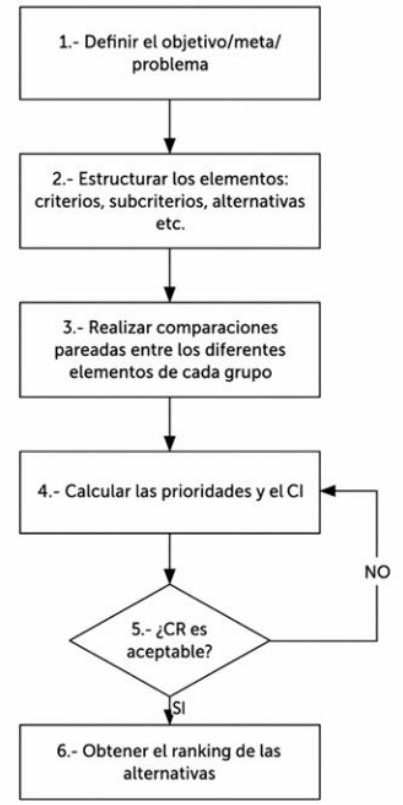


Figura 11. Aplicación del AHP dentro de la selección de proveedores sostenibles [56]

De esta manera, el AHP con enfoque sostenible amplía el enfoque tradicional incorporando criterios ambientales, económicos y sociales, permitiendo la evaluación de proveedores considerando emisiones, manejo de residuos, eficiencia energética, cumplimiento laboral y otros factores claves en la sostenibilidad del abastecimiento [99], convirtiendo al AHP como una herramienta capaz de integrar variables ambientales de manera cuantitativa, dentro de sectores de alto impacto.

En el contexto de las hormigoneras, la aplicación del AHP sostenible, facilita la selección de proveedores responsables que aseguren la disponibilidad continua de materiales claves como los agregados y el cemento, y que, a su vez, se asocien con prácticas que reduzcan los impactos ambientales asociados al suministro y fortalecimiento la eficiencia global del sistema productivo [100].

1.4.9 Herramientas informáticas para la aplicación del método AHP

El método Analytic Hierarchy Process (AHP), desarrollado por Saaty, puede ser aplicado mediante diferentes herramientas informáticas que facilitan la estructuración de problemas de decisión multicriterio, el procesamiento de matrices de comparación por pares y la obtención de prioridades entre criterios y alternativas [57]. Debido a su amplia aplicación en procesos de selección y evaluación, existen diversas herramientas que permiten implementar esta metodología según las características del problema analizado.

Entre los softwares especializados se encuentra Expert Choice, una de las herramientas más utilizadas para la aplicación del AHP, debido a que permite construir modelos jerárquicos de decisión, integrar objetivos, criterios, subcriterios y alternativas, calcular prioridades globales, evaluar la consistencia de los juicios de los expertos y desarrollar análisis de sensibilidad para validar la estabilidad de los resultados obtenidos. Esta herramienta ha sido empleada en estudios relacionados con selección de proveedores y toma de decisiones multicriterio [70], [106].

Otra herramienta representativa es Super Decisions, software diseñado para la aplicación del AHP y del Analytic Network Process (ANP), que permite evaluar problemas donde existen relaciones de dependencia entre criterios y alternativas. De igual manera, Microsoft Excel es una herramienta utilizada frecuentemente en investigaciones académicas debido a su facilidad para desarrollar matrices de comparación, normalización de datos y cálculo de ponderaciones mediante procedimientos matemáticos del método AHP [73].

Adicionalmente, el AHP puede implementarse mediante lenguajes de programación como Python, MATLAB, los cuales permiten desarrollar modelos personalizados, automatizar cálculos, analizar grandes cantidades de información e integrar técnicas complementarias de decisión multicriterio. Estas alternativas ofrecen mayor flexibilidad cuando se requiere adaptar el modelo matemático a condiciones específicas del problema de estudio.

A pesar de la existencia de diferentes herramientas para la aplicación del AHP, la selección del software depende del objetivo del análisis, la complejidad del modelo y la necesidad de interpretación de los resultados. En este sentido, Expert Choice constituye una herramienta adecuada para la evaluación y selección de proveedores, debido a que permite representar de manera gráfica la estructura jerárquica del modelo y facilita la interpretación de las prioridades obtenidas dentro del proceso de decisión.

1.4.10 Expert Choice

Expert Choice es una herramienta de apoyo dentro de la toma de decisiones basadas en el método del Proceso Analítico Jerárquico (AHP), permitiendo estructurar problemas complejos, integrar juicios de expertos y priorizar alternativas mediante técnicas cuantitativas y cualitativas. En este sentido, Expert Choice opera como una plataforma que facilita la captura de juicios de expertos, el cálculo automático de pesos y la verificación de la consistencia de las decisiones [101].

En este contexto, el funcionamiento de Expert Choice se basa en los principios del AHP, incluyendo los siguientes pasos [102]:

- ***Estructuración jerárquica del problema:*** involucra la organización en niveles, desde el objetivo general hasta las alternativas del problema, para analizar de manera sistemática cada componente de este.
- ***Comparaciones pareadas:*** los elementos de cada nivel se comparan de dos en dos para evaluar su importancia relativa mediante escalas numéricas, reduciendo la complejidad cognitiva al comparar sólo dos elementos a la vez.
- ***Cálculo de prioridades:*** se obtienen vectores de prioridad que expresan el peso relativo de cada criterio o alternativa.
- ***Cálculo del índice y razón de consistencia:*** posee herramientas que permiten evaluar la coherencia de los juicios emitidos con el objetivo de asegurar la confiabilidad de los resultados.

- ***Síntesis de resultados:*** el método combina todos los pesos obtenidos para generar un ranking de alternativas, lo que ayuda a tomar decisiones más informadas.

De esta manera, una de las principales fortalezas a destacar del Expert Choice, es su capacidad de integrar el conocimiento experto dentro de un marco cuantitativo, ya que permite transformar percepciones subjetivas en valores numéricos. Sin embargo, la calidad de los resultados depende de la consistencia de los juicios, por lo que la tendencia actual se ha orientado a complementar el análisis con algoritmos que ayuden a mejorar la coherencia de las evaluaciones en tiempo real [96].

Por lo tanto, algunas ventajas asociadas al uso de Expert Choice son [103]:

- Facilita la toma de decisiones complejas mediante una estructura clara.
- Integra variables cualitativas y cuantitativas.
- Permite validar la consistencia de los juicios.
- Es flexible y aplicable a múltiples disciplinas.

Asimismo, presenta las siguientes limitaciones [104]:

- Dependencia de la subjetividad de los expertos.
- Posibles inconsistencias en las comparaciones.
- Incremento del esfuerzo computacional cuando hay muchos criterios.

1.4.11 Relación entre variables

La selección de proveedores, especialmente bajo el enfoque de sostenibilidad, impacta de manera directa sobre la eficiencia del abastecimiento, al determinar la calidad, confiabilidad y tiempos de entrega de las materias primas, mejorando la competitividad y sostenibilidad de la cadena de suministro [24].

Asimismo, la planificación del abastecimiento la gestión logística se encuentra estrechamente vinculada con el control de inventarios, ya que producto de esta relación

se logra la sincronización de la demanda con el suministro y el aseguramiento de la disponibilidad de materiales sin incurrir en sobrecostos para mejorar la eficiencia operativa y aumentar la resiliencia de la cadena de suministro [105] .

Por lo tanto, el método AHP actúa como herramienta integradora que permite evaluar y priorizar criterios dentro de la selección de proveedores, facilitando la toma de decisiones en entornos complejos, ya que permite estructurar la relación entre variables cualitativas y cuantitativas, mejorando la objetividad en la selección y la eficiencia del abastecimiento [106].

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Proponer un modelo de selección de proveedores para el abastecimiento de materias primas, considerando criterios sostenibilidad ambiental y optimización en la Hormigonera Cotopaxi

1.5.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico inicial del desempeño de los proveedores de materias primas de la Hormigonera Cotopaxi para identificar los criterios relevantes dentro del proceso de abastecimiento
- Definir los criterios, subcriterios y ponderaciones para la aplicación del Análisis Jerárquico de Procesos (AHP) para evaluar la sostenibilidad técnica, económica y ambiental de los proveedores
- Aplicar el modelo de selección y priorización de proveedores en base a los resultados obtenidos del AHP como un aporte al proceso de toma de decisiones de la Hormigonera Cotopaxi

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Para la ejecución sistemática de esta investigación, se determina el uso de un conjunto diversificado de recursos tecnológicos, herramientas de software y fuentes documentales que permiten la transición desde el levantamiento de datos empíricos hasta la síntesis matemática del modelo propuesto. En primer lugar, el soporte físico para procesar la información se basa en una estación de trabajo de alto rendimiento, que cuenta con procesadores de múltiples núcleos y conexión segura a redes de información, lo que ayuda a manejar grandes cantidades de datos y ejecutar algoritmos de optimización de manera eficiente.

En cuanto a las herramientas de software, el análisis cuantitativo se basa principalmente en Microsoft Excel y Expert Choice. Microsoft Excel fue seleccionado debido a su facilidad de uso y flexibilidad para organizar los datos históricos de los proveedores, desarrollar matrices de evaluación, realizar procesos de normalización y efectuar cálculos preliminares de ponderación. Por otra parte, se empleó Expert Choice debido a que el problema planteado corresponde a un modelo AHP jerárquico tradicional, permitiendo estructurar gráficamente los criterios y alternativas, procesar las comparaciones por pares, calcular las prioridades globales y validar la consistencia de los juicios de los expertos. La selección de estas herramientas responde a las necesidades del estudio, ya que, a diferencia de softwares como Super Decisions, orientado a modelos con relaciones de dependencia entre criterios, o herramientas de programación como Python y MATLAB, que requieren mayor desarrollo personalizado, Expert Choice facilita la interpretación y validación de los resultados obtenidos en la selección multicriterio de proveedores.

También se emplean herramientas de recolección de datos, como herramientas para ponderación de criterios , observación y registros históricos de la empresa. La revisión bibliográfica se realiza mediante bases científicas, aplicando el enfoque PRISMA para la selección de literatura [112] y utilizando Mendeley para la gestión de referencias.

2.2 Métodos

2.2.1 Enfoque de la investigación

Esta investigación se basa en un enfoque combinado (cuantitativo y cualitativo). Esta forma de combinar métodos permite entender mejor el fenómeno porque junta la descripción detallada de las variables cualitativas con el análisis numérico preciso [109]. El aspecto cualitativo es fundamental para identificar, a través del criterio de los expertos y la observación en campo, los criterios subjetivos que tienen influencia en la elección de proveedores. El eje cuantitativo permite transformar las percepciones en valores numéricos mediante el modelo AHP, asegurando que la selección final de los proveedores se basa en una base matemática objetiva y verificable.

2.2.2 Alcance de la investigación

El estudio tiene un alcance descriptivo y explicativo, con enfoque causal. El nivel descriptivo se centra en la caracterización detallada de los procesos de abastecimiento actuales, los niveles de inventario y el perfil de los proveedores [107]. En la misma línea de idea, los productos obtenidos por medio de partners. El alcance adquiere un carácter explicativo al analizar las relaciones de causalidad entre los criterios de evaluación (técnicos, económicos y ambientales) y la eficiencia operativa de la planta. En la misma línea de pensamiento, se determina cómo la presencia de un modelo formal influye directamente en la continuidad del suministro de materias primas.

2.2.3 Modalidad de la investigación

Para recopilar los datos se utilizan dos formas complementarias: una basada en documentos y libros, y otra mediante investigación de campo.

Modalidad documental: Se basa en la revisión sistemática de normativas técnicas nacionales e internacionales, como las normas ISO 20400 e ISO 9001, entre otras. En el mismo marco científico, se estructuran los criterios y subcriterios de sostenibilidad a partir de la colaboración con partners.

Modalidad de campo: Se lleva a cabo de forma presencial en las instalaciones de la Hormigonera Cotopaxi, que se encuentran en el sector de la vía Latacunga-Salcedo. La interacción directa con el equipo de logística y compras permite recopilar información empírica en su entorno real, garantizando que el modelo propuesto se adapte a las necesidades reales de la operación.

2.3 Población y muestra

La identificación de la población de estudio se basa en la identificación de activos estratégicos que intervienen directamente en el ciclo de suministro de la planta de concreto Cotopaxi. Cuando el universo de análisis es reducido y el investigador tiene pleno acceso a los sujetos, resulta técnicamente conveniente utilizar métodos censales en lugar de métodos de muestreo probabilístico [107]. De acuerdo con este criterio, la población queda definida e incluye a 5 contribuyentes claves de las áreas administrativas y operativas, así como un grupo de proveedores estratégicos de materias primas críticas (cemento, agregados y aditivos) que mantienen una relación comercial activa con la organización. Esta selección por conveniencia asegura que la información recopilada para ingresar las matrices del modelo AHP provenga de fuentes con el criterio técnico y la experiencia necesarios en la industria del concreto.

En la Tabla 1 se desglosa la composición de la población y el rol específico que desempeña cada integrante en la gestión del suministro. La consideración de estos participantes permite analizar el proceso de abastecimiento desde diferentes niveles de decisión dentro de la organización, incorporando la experiencia de los responsables directos de la gestión de materias primas. Esto permite obtener información representativa de la situación actual del sistema de suministro y establecer una evaluación acorde con las condiciones operativas de la planta.

Además, la participación de estos actores facilita la definición de criterios de evaluación relacionados con el desempeño de los proveedores, permitiendo que la aplicación del modelo AHP considere aspectos relevantes para la gestión de materias primas dentro de la organización.

Tabla 1. Población de estudio del proceso de abastecimiento

Integrante	Rol dentro del proceso de abastecimiento
Responsable de Compras	Encargado de gestionar cotizaciones, seleccionar proveedores preliminares, emitir órdenes de compra y coordinar el abastecimiento de materiales. Su criterio es clave para evaluar desempeño y sostenibilidad.
Jefe de Planta	Supervisa la operación diaria de la planta hormigonera, verifica la calidad y disponibilidad de materias primas y valida el cumplimiento de los proveedores en tiempos y especificaciones técnicas.
Bodeguero	Registra ingresos y salidas de materiales, controla inventarios y reporta discrepancias en cantidades o calidad. Su información es esencial para evaluar fiabilidad de los proveedores.
Contador/a	Gestiona pagos, facturación y condiciones crediticias. Proporciona información financiera relevante para evaluar el cumplimiento administrativo de los proveedores.
Proveedores de Cemento	Empresas que suministran cemento Portland. Su desempeño afecta directamente la continuidad del mezclado y la calidad del hormigón.
Proveedores de Áridos (ripio y arena)	Canteras o distribuidores responsables del suministro de agregados. Tienen impacto operativo y ambiental significativo debido al transporte y extracción.
Proveedores de Aditivos Químicos	Empresas que proporcionan plastificantes, retardantes y otros aditivos. Su calidad influye en la trabajabilidad y resistencia del hormigón producido.
Proveedores de Insumos Complementarios	Incluye proveedores de agua tratada y sin tratar

2.4 Recolección de información

La fase de recolección de datos se realiza mediante un diseño metodológico estructurado que integra fuentes primarias y secundarias, asegurando la trazabilidad y validez del diagnóstico. Se utiliza la herramienta de puntuación de Saaty presentada en el Anexo C para obtener los juicios de los expertos mediante comparaciones por pares, permitiendo determinar la importancia relativa de los criterios establecidos dentro del modelo AHP. Este proceso se complementa con sesiones de observación directa en las zonas de recepción y pesaje de la planta, inspección de protocolos de control de calidad y tiempos de descarga in situ.

Paralelamente, se realiza una auditoría de fuentes secundarias internas que analiza registros de desempeño como órdenes de compra, registros de inventario e informes de desviaciones para cuantificar el desempeño histórico de los proveedores. En el ámbito externo, la búsqueda sistemática de literatura se realiza según los parámetros del método PRISMA, desarrollado en 2009, el cual establece una guía para la identificación, selección y análisis transparente de estudios dentro de revisiones sistemáticas [112]. Este proceso garantiza el respaldo regulatorio según estándares globales como ISO 20400 para adquisiciones sustentables e ISO 9001 para gestión de calidad [110], [111]. Para asegurar el cumplimiento de los objetivos específicos, se crea la Tabla 2, en la que se describe detalladamente la idoneidad de las actividades, técnicas y herramientas utilizadas en el estudio.

Posteriormente, los datos obtenidos son organizados y depurados para garantizar su consistencia antes de ser incorporados al análisis. Este proceso permite identificar posibles variaciones en la información recopilada y establecer una base estructurada para la evaluación del desempeño de los proveedores, considerando la disponibilidad, cumplimiento y comportamiento histórico dentro del sistema de abastecimiento de la planta.

Tabla 2. Actividades, técnicas y herramientas de la investigación

Objetivo específico	Actividades de investigación	Técnicas	Herramientas utilizadas
Diagnóstico del desempeño	Evaluación de indicadores de cumplimiento y análisis de registros de abastecimiento.	Revisión documental y entrevista semiestructurada.	Guías de remisión, bitácoras de ingreso y formulario de entrevista digital.
Definición de criterios y ponderaciones	Identificación de variables técnicas y ambientales mediante consenso con el panel de expertos.	Juicio de expertos y análisis de contenido bibliográfico.	Normas ISO 20400, matrices de evaluación en Excel y escala Saaty.
Desarrollo del modelo AHP	Construcción de matrices de comparación pareada y validación de la consistencia del modelo.	Análisis multicriterio (MCDM).	Software Expert Choice y plantillas automatizadas de cálculo.

De manera complementaria a las herramientas definidas, se diseñó una estrategia operativa para la obtención de la información en campo. En la Tabla 3 se desglosa el plan de recolección estructurado para el diagnóstico y levantamiento del modelo AHP en la empresa.

Tabla 3. Plan de recolección estructurado para el diagnóstico y modelo AHP

Elemento	Descripción
¿Para qué?	Para diagnosticar el desempeño del abastecimiento, identificar criterios y obtener la información para aplicar el modelo AHP con enfoque sostenible.
¿De quién?	Responsable de compras, jefe de planta, bodeguero, contadora y proveedores activos (cemento, agregados y aditivos).
¿Cómo? (técnicas)	Entrevistas semiestructuradas, observación directa en recepción, revisión documental y análisis comparativo para el modelo AHP.
¿Con qué? (instrumentos)	Guía de entrevista, ficha de observación, checklist documental, matriz de evaluación, escalas Likert y plantilla Excel para AHP.
¿Cuándo?	Durante las fases de diagnóstico, análisis de criterios y evaluación del estudio.
¿Dónde?	Instalaciones de la Hormigonera Cotopaxi (área administrativa, bodega y zona de recepción).
¿Cuántas veces?	Dos sesiones de observación, una entrevista por colaborador clave, consultas a proveedores y una sesión de valoración AHP.

2.5 Procesamiento y análisis de datos

El tratamiento de la información recopilada se estructuró bajo un flujo secuencial dividido en tres etapas críticas, lo que permitió garantizar la integridad de los resultados y la robustez del modelo de selección propuesto.

- **Fase de procesamiento cualitativo:** En esta fase, los datos provenientes de entrevistas semiestructuradas y sesiones de observación directa fueron sometidos a un proceso de categorización y codificación. Esto facilitó la identificación de patrones operativos, criterios recurrentes y cuellos de botella en el actual proceso logístico de las hormigoneras Cotopaxi, sentando las bases para definir los macro criterios del modelo.

- **Fase de tabulación cuantitativa:** La información numérica obtenida de los registros históricos de compras, tiempos de entrega y costos se organizó y clasificó mediante hojas de cálculo en Microsoft Excel. Esta fase fue determinante para construir las matrices de valoración y realizar la normalización de datos necesaria para alimentar el algoritmo de decisión. Además, se realizó la revisión de consistencia de los datos recopilados, verificando la existencia de valores incompletos o variaciones que puedan afectar la evaluación de los proveedores. Este procedimiento permitió disponer de una base de datos estructurada y confiable para el análisis comparativo de las alternativas consideradas dentro del modelo.

- **Aplicación del Modelo de Jerarquía Analítica (AHP):** Finalmente, se realizó la estructuración jerárquica del problema en el software Expert Choice, el cual integró el objetivo general, criterios, subcriterios y alternativas de entrega. Utilizando comparaciones por pares basadas en la escala de Saaty, el programa calculó vectores de prioridad y confirmó la coherencia de las calificaciones de los expertos. Para asegurar la validez matemática del modelo, se comprobó rigurosamente un índice de consistencia (CR) igual o inferior a 0,10, lo que permitió clasificar a los proveedores en función de la optimización y la sostenibilidad ambiental.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización Institucional

3.1.1 Identidad y propósito organizacional

La empresa Hormigonera Cotopaxi Cía. Ltda. se consolida como un actor estratégico en la industria de la construcción en la región central del Ecuador. Su planta está ubicada en una zona de alto flujo logístico de la provincia de Cotopaxi, especialmente en el sector carretero Latacunga-Salcedo. Desde su creación en 2010, la organización ha centrado sus esfuerzos en la producción y suministro de concreto premezclado que cumpla con los requisitos técnicos de proyectos de infraestructura estatales y privados.

El funcionamiento de la planta depende estrictamente de la gestión sincronizada de cinco componentes esenciales: cemento, áridos pétreos (arena y grava), aditivos químicos y agua. La misión de la empresa se centra en suministrar productos que garanticen durabilidad y resistencia estructural respetando la eficiencia y preservando el medio ambiente natural. Por otro lado, la visión organizacional prevé fortalecer la gestión de la industria introduciendo prácticas innovadoras y optimizando la sostenibilidad de sus operaciones.

3.1.2 Estructura Organizacional y Gestión de Decisiones

La Hormigonera Cotopaxi opera bajo una estructura administrativa jerarquizada, liderada por un Consejo Administrativo y una Gerencia General. Esta configuración, detallada en el organigrama institucional, como se observa en la figura 12 se subdivide en tres ejes de gestión: Administración y Finanzas, Producción, y el área Comercial. Esta distribución permite establecer responsabilidades específicas dentro de la organización, donde cada área interviene en actividades relacionadas con la planificación, operación y control de los recursos necesarios para el funcionamiento de la planta. En este contexto, el área de Producción y Administración mantienen una relación directa con la gestión de abastecimiento, debido a su participación en la planificación de requerimientos, disponibilidad de materias primas y seguimiento del desempeño de los proveedores.

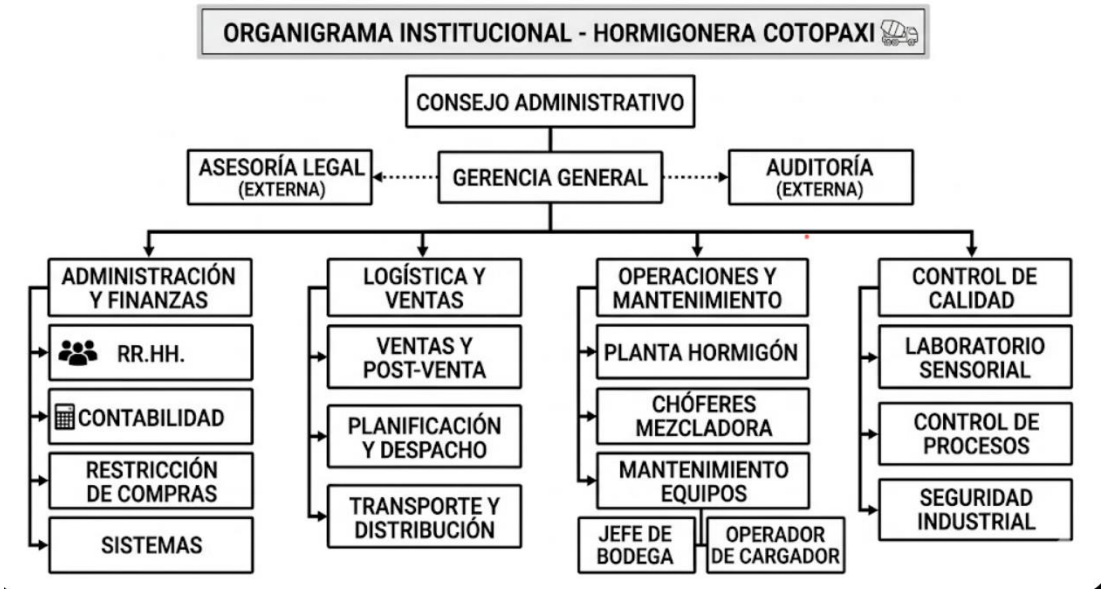


Figura 12. Organigrama de la hormigonera Cotopaxi

Esta disposición jerárquica es determinante para el modelo de selección de proveedores por tres factores clave:

- **Eje de Producción:** A través de la gestión de planta, determinan los parámetros técnicos de calidad que deben cumplir las materias primas para asegurar la integridad del concreto.
- **Eje Administrativo-Financiero:** Confirma la viabilidad económica y determina los plazos de pago, criterios que históricamente han sido aplicables en la selección de proveedores.
- **Control de Calidad:** Asegura que cada lote de materia prima ingresado al inventario cumpla con la normativa técnica vigente, actuando como filtro previo al proceso de mezcla.

3.1.3 Antecedentes

La planta de producción, Hormigonera Cotopaxi Cía. Ltda. está ubicada en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, en la vía Latacunga – Salcedo, esta empresa se dedica a la producción y comercialización de hormigón premezclado para el sector de la construcción, fundada en el año 2010, abasteciendo proyectos de infraestructura y obras civiles en la región.

Su proceso productivo se basa en el abastecimiento de materias primas como cemento, agregados pétreos, agua, aditivos, los cuales son fundamentales para garantizar la calidad del hormigón, y su posterior mezclado para su comercialización final.

3.1.4 Misión

Producir y suministrar hormigón premezclado de alta calidad para el sector de la construcción, garantizando eficiencia, responsabilidad ambiental y cumplimiento de normas técnicas.

3.1.5 Visión

Ser una empresa líder en la producción y comercialización de hormigón en la región central del Ecuador, reconocida por su calidad, innovación y sostenibilidad.

3.1.6 Diagrama de flujo de compras

En la Figura 13, se presenta el diagrama de compras de Hormigonera Cotopaxi, el cual describe el proceso que sigue la empresa para la adquisición de materias primas necesarias para la producción de hormigón. En el diagrama se muestran las actividades que intervienen desde la identificación de la necesidad de material, la selección de proveedores, la emisión de la orden de compra, la recepción, verificación del material hasta el registro final en el sistema. Este flujo permite evidenciar la estructura actual del proceso de abastecimiento, identificando las etapas operativas relacionadas con la adquisición y control de materias primas.

Además, se observa que el proceso actual no contempla una metodología formal para la evaluación y clasificación de proveedores, debido a que la selección se desarrolla principalmente como una actividad orientada a la adquisición de materiales. Esta situación limita el análisis integral del desempeño de los proveedores bajo criterios económicos, ambientales y operativos, representando una oportunidad de mejora para fortalecer la gestión de abastecimiento mediante herramientas que permitan una toma de decisiones más estructurada.

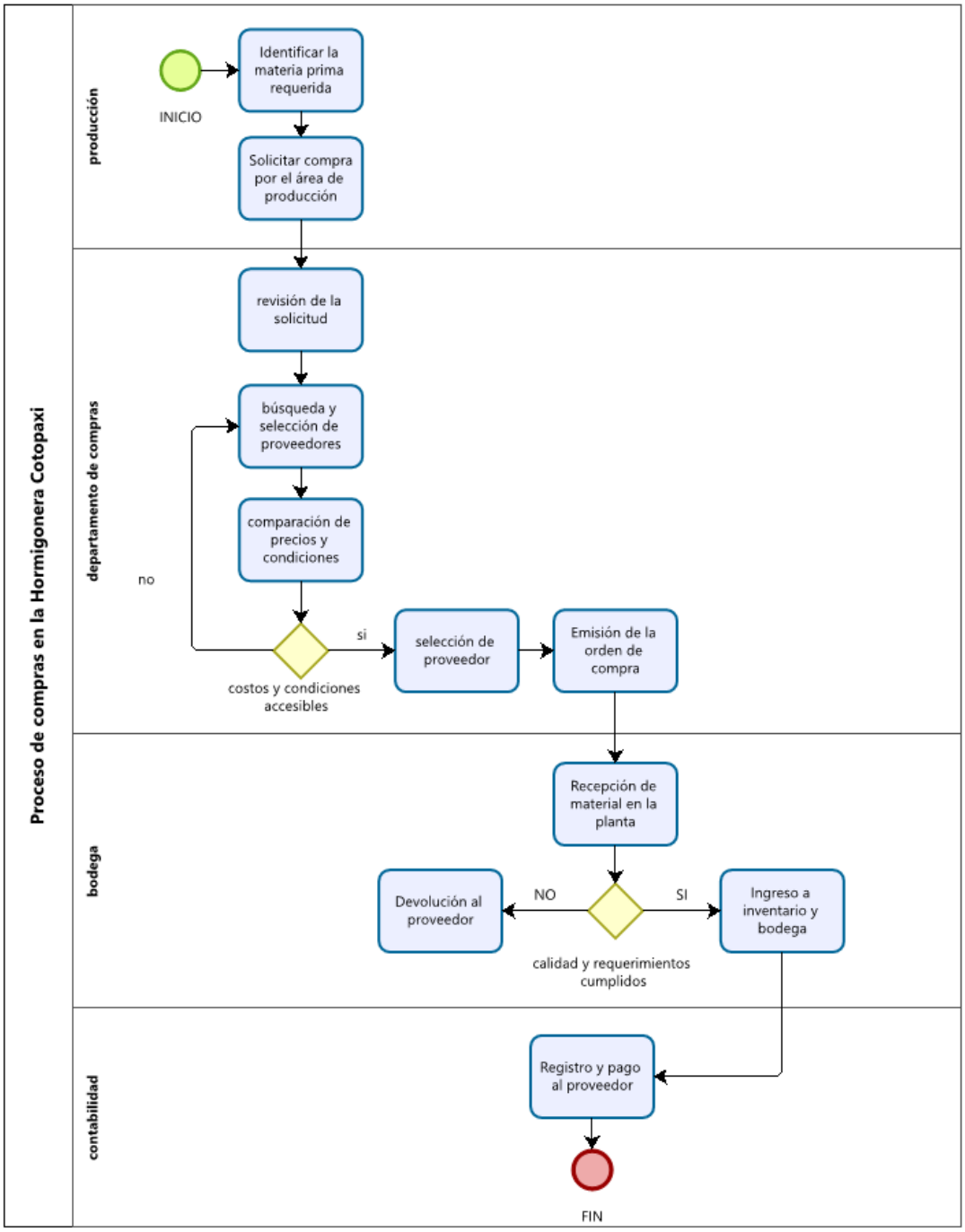


Figura 13. Diagrama de flujo de compras en la Hormigonera Cotopaxi

3.2 Materias primas

3.2.1 Proceso actual de abastecimiento de materias primas

El flujo de adquisiciones dentro de la Hormigonera Cotopaxi se rige por una secuencia operativa que integra desde la detección de necesidades en planta hasta la liquidación

financiera del compromiso adquirido. Como se ilustra en el diagrama de flujo institucional en la figura 13, el ciclo inicia en el Departamento de Producción con la identificación del desabastecimiento de insumos críticos. Una vez emitida la solicitud, el Departamento de Compras asume la responsabilidad de gestionar la búsqueda y selección de proveedores, fase que culmina con la emisión de la orden de compra y la posterior recepción del material en bodega para su validación técnica y pago.

La identificación de materias primas necesarias para la elaboración de hormigón se realizó mediante el levantamiento de información realizado en la empresa, las que se presentan a continuación.

Cemento: Principal material aglomerante en la producción de hormigón, ya que permite unir los agregados y proporcionar resistencia a la mezcla.

Arena: Agregado fino utilizado en la producción de hormigón, ya que contribuye a mejorar la trabajabilidad y cohesión de la mezcla. Se identificó como una materia prima esencial para el proceso productivo.

Ripio: Agregado grueso utilizado en la producción de hormigón, ya que aporta resistencia y estabilidad a la mezcla. Se identificó como un material fundamental dentro del proceso productivo.

Agua: Componente esencial en la producción de hormigón, ya que permite la hidratación del cemento y facilita la formación de la mezcla. Se identificó como un recurso indispensable para el proceso productivo.

Plastificante: Aditivo primordial, debido a que es un aditivo utilizado para mejorar la trabajabilidad del hormigón y reducir la cantidad de agua en la mezcla en caso de ser necesario. Se identificó que este aditivo es empleado para optimizar las propiedades de la mezcla durante el proceso de producción.

3.2.2 Características de las materias primas

A continuación, en la Tabla 4, se presentan las características y cualidades de las materias primas consideradas en la planta de producción de hormigón, con el fin de garantizar la calidad del producto final.

Tabla 4. Características de la materia prima para producción de hormigón

HORMIGONERA COTOPAXI		
Características de la materia prima		
Materia prima	**Marca o tipo**	**Características**
Cemento	Holcim	Alta resistencia mecánica, buen tiempo de fraguado, libre de humedad y grumos, cumple normas de calidad para la producción de hormigón.
Arena azul (Agregado fino)	Áridos Cotopaxi	Arena de origen volcánico, limpia, libre de arcilla y materia orgánica, granulometría adecuada y humedad controlada para una correcta dosificación.
Ripio azul (Agregado grueso)	Áridos Cotopaxi	Piedra triturada de origen volcánico, resistente, libre de polvo e impurezas, tamaño uniforme y baja absorción de agua.
Agua	Red de agua de regadío y agua tratada	Agua limpia, libre de aceites, sales o sustancias orgánicas que puedan afectar la hidratación del cemento.
Aditivo plastificante	Sika	Mejora la trabajabilidad del hormigón, reduce la cantidad de agua en la mezcla y ayuda a mejorar la resistencia y durabilidad del concreto.

A partir de los datos recopilados, se identificaron las políticas de inventario aplicadas en la empresa para cada material, así como los sistemas de pedido y de control utilizados, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Gestión de inventarios de materias primas

HORMIGONERA COTOPAXI							
Gestión de inventarios de materias primas							
Materia Prima	**Política de Inventario Aplicada**	**Sistema de pedido**	**Nivel de Revisión**	**Punto de Reorden (R)**	**Inventario de Seguridad (SS)**	**Stock máximo**	**Lead Time (L)**
Cemento	Revisión continua	Pedido bajo demanda	Permanente	0 unidades	0 unidades	0 unidades	1 días
Arena	Revisión continua	Periodo fijo	Permanente	5 volquetas	3 volquetas	8 volquetas	2 días
Ripio	Revisión continua	Periodo fijo	Permanente	5 volquetas	3 volquetas	8 volquetas	2 días
Aditivos	Revisión periódica	Periodo fijo	mensual	50 litros	40 litros	80 Litros	5 días

Nota: 1 volqueta ≈ 8 m³ (arena y ripio).

Se evidencia que el cemento se gestiona bajo demanda, sin mantener inventario, con el fin de evitar su deterioro durante el almacenamiento, considerando además un tiempo de reposición corto. Por su parte, la arena y el ripio cuentan con niveles definidos de control que permiten asegurar su disponibilidad en el proceso productivo, con tiempos de entrega reducidos. En el caso de los aditivos, se aplica una revisión periódica, acorde a su menor consumo y mayor tiempo de reposición.

3.3 Proveedores

La empresa mantiene una red de abastecimiento compuesta por proveedores nacionales y locales que garantizan el suministro continuo de materias primas necesarias para la producción de hormigón premezclado. Estos proveedores fueron seleccionados por la empresa basándose en criterios como: precio, responsabilidad de entrega, disponibilidad y calidad del material.

La caracterización de los proveedores actuales permite identificar las condiciones comerciales y operativas bajo las cuales se desarrolla el abastecimiento de materias primas, considerando aspectos que influyen directamente en la continuidad del proceso productivo. En este sentido, variables como los tiempos de entrega, condiciones de pago, disponibilidad de transporte y cumplimiento de requisitos de calidad representan factores determinantes para la planificación de compras y la reducción de posibles interrupciones en el suministro.

Asimismo, la información recopilada permite evidenciar la diversidad de condiciones existentes entre los proveedores según el tipo de material suministrado, lo que genera diferencias en la gestión de adquisición de cemento, agregados, aditivos y agua. Este análisis constituye un punto de partida para identificar las variables relevantes que serán consideradas posteriormente dentro del modelo de selección de proveedores, orientado a mejorar la gestión del abastecimiento de la planta.

La caracterización de los proveedores actuales de materias primas utilizados por la empresa se presenta en la Tabla 6...

Tabla 6. Plan de recolección estructurado para el diagnóstico y modelo AHP

HORMIGONERA COTOPAXI								
Información de proveedores								
Proveedor	**Materia prima**	**Precio unitario**	**Lead Time (días)**	**Condiciones de pago**	**Certificación de calidad**	**Permiso ambiental**	**Certificación ambiental**	**Transporte propio**
Holcim Ecuador	Cemento	9,00 USD/u	1	Crédito 15 días	Sí	Sí	Sí	Sí
UNACEM Ecuador	Cemento	9,20 USD/u	1	Crédito 30 días	Sí	Sí	Sí	Sí
Áridos Cotopaxi	Arena	50 USD/volqueta	2	Contado	No	Sí	No	Sí
Cantera Panzaleo	Arena	55 USD/volqueta	1	Contado	No	Sí	No	Sí
Áridos Cotopaxi	Ripio	50 USD/volqueta	2	Contado	No	Sí	No	Sí
Cantera Panzaleo	Ripio	55 USD/volqueta	1	Crédito 15 días	No	Sí	No	Sí
Ferrisariato	Aditivos	4,50 USD/L	1	Crédito comercial	Sí	Sí	Sí	No
Centro Ferretero San Agustín	Aditivos	4,00 USD/L	2	Contado	Sí	Sí	Sí	No
Red de agua de regadío	Agua	30 USD/mes	0 (inmediato)	Crédito	No	Sí	Sí	No aplica
Sipragua (tanqueros)	Agua	25–40 USD/viaje	1–3	Pago a 5 días	Sí	Sí	Sí	Sí

Como se observa, la empresa dispone de proveedores tanto locales como nacionales, lo que permite garantizar la disponibilidad de materias primas para el proceso productivo. Los proveedores locales destacan por su rapidez en la entrega, mientras que los nacionales se caracterizan por ofrecer productos especializados y de mayor estandarización. Esta información resulta fundamental para el análisis posterior de su desempeño y la identificación de criterios relevantes dentro del proceso de abastecimiento.

3.4 Abastecimiento

La entrega de materias primas en la empresa Hormigonera Cotopaxi se realiza mediante diferentes modalidades, dependiendo del tipo de material requerido y de las condiciones establecidas con los proveedores. Este procedimiento garantiza la disponibilidad de los insumos necesarios para la producción de hormigón premezclado, permitiendo mantener la continuidad operativa.

En este contexto, se consideran aspectos como el tiempo de entrega, los costos de transporte, la disponibilidad de los insumos y la modalidad de suministro, los cuales influyen directamente en la eficiencia del proceso de abastecimiento. A continuación, en la Tabla 4, se presenta la caracterización del abastecimiento de las principales materias primas utilizadas en la empresa.

3.4.1 Diagnóstico técnico del desempeño del abastecimiento

El aseguramiento de la calidad en la Hormigonera Cotopaxi está intrínsecamente ligado a las propiedades fisicoquímicas de sus insumos. Para el diagnóstico, se evaluaron los materiales base (cemento y agregados), contrastándolos con las normativas técnicas nacionales (INEN). En la Tabla 7 se detallan las especificaciones técnicas que los proveedores deben garantizar para contribuir a la resistencia de los diferentes tipos de hormigón producidos.

Tabla 7. Requerimientos técnicos por tipo de materia prima

Materia Prima	Norma de Referencia	Parámetros Técnicos Evaluados
Cemento (Ligante)	NTE INEN 2380	Resistencia a la compresión, tiempo de fraguado y estabilidad de volumen.
Agregado Fino (Arena)	NTE INEN 872	Granulometría, contenido de finos y presencia de impurezas orgánicas.
Agregado Grueso (Ripio)	NTE INEN 873	Tamaño máximo nominal, resistencia a la abrasión y porcentaje de caras fracturadas.
Aditivos Químicos	NTE INEN 1504	Densidad, contenido de sólidos y compatibilidad con el cemento tipo GU/HE.

3.4.2 Análisis de la gestión de materia prima y quiebres de Stock

Un hallazgo crítico del diagnóstico fue la intermitencia en el flujo de suministros. Al analizar los registros de bodega del último semestre, se identificó que el 15% de los retrasos en producción se debieron a entregas fuera de tiempo por parte de los proveedores de áridos. En la Tabla 8 se presenta el comportamiento de las materias primas frente a la demanda operativa.

Tabla 8. Estado situacional de la materia prima

Material	Frecuencia de Pedido	Tiempo de Entrega Promedio (Lead Time)	Nivel de Cumplimiento (%)
Cemento	Semanal	24 – 48 horas	95 %
Arena	Diario / Bajo pedido	4 – 8 horas	82 %
Ripio	Diario / Bajo pedido	4 – 12 horas	80 %
Aditivos	Quincenal	24 – 48 horas	98 %
Agua	Diario	Inmediato – 24 horas	95 %

3.5 Análisis del desempeño de los proveedores

El análisis del desempeño de los proveedores de materias primas se realizó con base en la información recopilada, considerando variables económicas, técnicas y logísticas, con el fin de evaluar de manera cuantitativa su incidencia en el proceso de abastecimiento de la empresa.

Para ello, se establecieron ponderaciones para cada uno de los criterios mediante la evaluación y participación de actores directos del proceso, específicamente el jefe de planta y el personal del departamento de compras.

Una vez analizadas las materias primas, se procedió a la identificación de las fuentes de suministro que sostienen la operación de la planta. El portafolio actual de la Hormigonera Cotopaxi está compuesto por una mezcla de grandes corporaciones nacionales y proveedores locales de áridos. En la Tabla 9 se detalla la procedencia, el tipo de material suministrado, junto con los factores que inciden directamente en la confianza y flexibilidad del abastecimiento.

Tabla 9. Caracterización del panel de proveedores vigentes

Proveedor	**Tipo de Empresa**	**Insumo Suministrado**	**Procedencia / Ubicación**
Holcim Ecuador S.A.	Gran Empresa (Nacional)	Cemento	Guayaquil / Latacunga
Unacem Ecuador	Gran Empresa (Nacional)	Cemento	Otavalo / Quito
Cantera Local A (Arena)	Microempresa (Local)	Áridos (Arena)	Sector Salcedo
Cantera Local B (Ripio)	Microempresa (Local)	Áridos (Ripio)	Sector Latacunga
Sika Ecuatoriana S.A.	Multinacional	Aditivos Químicos	Guayaquil (Distribución regional)

A partir de esta caracterización, se observa una marcada dicotomía en la cadena de suministro. Mientras que el abastecimiento de cemento y aditivos se gestiona con empresas que poseen certificaciones de calidad y procesos estandarizados, el suministro de áridos (arena y ripio) depende de actores locales con menor estructura administrativa. Esta heterogeneidad justifica la necesidad de un modelo de selección como el AHP, que sea capaz de ponderar no solo el producto, sino la gestión ambiental y logística de cada tipo de organización de manera diferenciada.

3.6 Ponderación de criterios en la parte operativa

3.6.1 Estructuración jerárquica del modelo

Se creó un modelo de decisión multicriterio basado en el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP). Para abordar las deficiencias identificadas a partir del diagnóstico situacional, el modelo está organizado en cuatro niveles jerárquicos: el objetivo general (nivel superior), los macrocriterios de evaluación (nivel intermedio), los subcriterios específicos y, finalmente, las alternativas de suministro representadas por el panel de proveedores potenciales.

En la Tabla 10 se detallan los criterios y subcriterios definidos en consenso con el panel de expertos, alineando los requerimientos técnicos de la Hormigonera Cotopaxi con los pilares de la sostenibilidad.

Tabla 10. Criterios y subcriterios del modelo de selección sostenible

Criterio	Subcriterio	Descripción Operativa
Técnico	Calidad y Disponibilidad	Cumplimiento de normas INEN y capacidad de suministro continuo para evitar roturas de stock.
Económico	Precio y condiciones de Pago	Valor unitario del insumo y facilidades crediticias otorgadas por el proveedor.
Logístico	Tiempo y Flexibilidad	Periodo de respuesta (Lead Time) y capacidad de adaptación ante variaciones imprevistos en la demanda.
Ambiental	Certificaciones y Residuos	Posesión de licencias ambientales (ISO 14001) y prácticas de gestión de desechos bajo economía circular.

3.6.2 Análisis de ponderaciones y resultados de Consistencia

La asignación de pesos relativos se efectuó procesando los juicios de valor emitidos por los cinco expertos identificados en la metodología (Gerencia, Compras, Planta, Logística y Calidad). Mediante el software Expert Choice, se consolidaron las matrices de comparación pareada, obteniéndose los vectores de prioridad normalizados.

3.6.3 Ponderación de criterios mediante evaluación operativa

En la Tabla 11 se presenta la ponderación de los criterios considerados en el proceso de abastecimiento de materias primas, definida mediante una evaluación operativa que refleja el nivel de importancia de cada uno dentro de la operación. Esta ponderación se establece en función de su impacto en la continuidad del proceso productivo, los costos asociados y la calidad del producto final. De esta manera, se obtiene una valoración representativa de la realidad operativa de la empresa.

Tabla 11. Ponderación de criterios

Criterio	Peso	Justificación
Tiempo de entrega	0,30	Incide directamente en la continuidad del proceso productivo
Precio	0,25	Impacta en los costos de producción
Calidad	0,20	Determina la resistencia y durabilidad del hormigón
Disponibilidad	0.10	Garantiza el suministro continuo de materiales
Transporte	0,10	Influye en los costos logísticos y eficiencia del abastecimiento
Ambiental	0,05	Considera el cumplimiento ambiental y el impacto de los proveedores

De igual manera, en la Tabla 12 se muestra la escala de evaluación que permite asignar valores numéricos a cada criterio, facilitando la comparación del desempeño de los proveedores y el cálculo de un puntaje global.

Tabla 12. Escala de evaluación de proveedores

Valor	Nivel	Descripción
5	Muy alto	Cumple totalmente con el criterio
4	Alto	Cumple en gran medida
3	Medio	Cumple parcialmente
2	Bajo	Cumple en menor medida
1	Muy bajo	No cumple con el criterio

3.6.4 Análisis y ponderación de criterios mediante juicio técnico

Una vez definida la escala de evaluación y las ponderaciones de los criterios, se procedió a evaluar el desempeño de los proveedores para cada materia prima, asignándose puntajes en función de la información recopilada y el criterio técnico establecido.

a. Cemento

Tabla 13. Puntaje ponderado de proveedores de cemento

RESULTADOS			
CRITERIO	**Holcim Ecuador**	**UNACEM Ecuador**	**Diferencia relativa de desempeño**
	Puntaje ponderado	**Puntaje ponderado**	
Precio	1,5	1,2	**13%**
Tiempo	1,25	1	
Calidad	1	1	
Disponibilidad	0,5	0,4	
Transporte	0,5	0,5	
Medio ambiente	0,25	0,25	
PUNTAJE TOTAL	**5**	**4,35**	

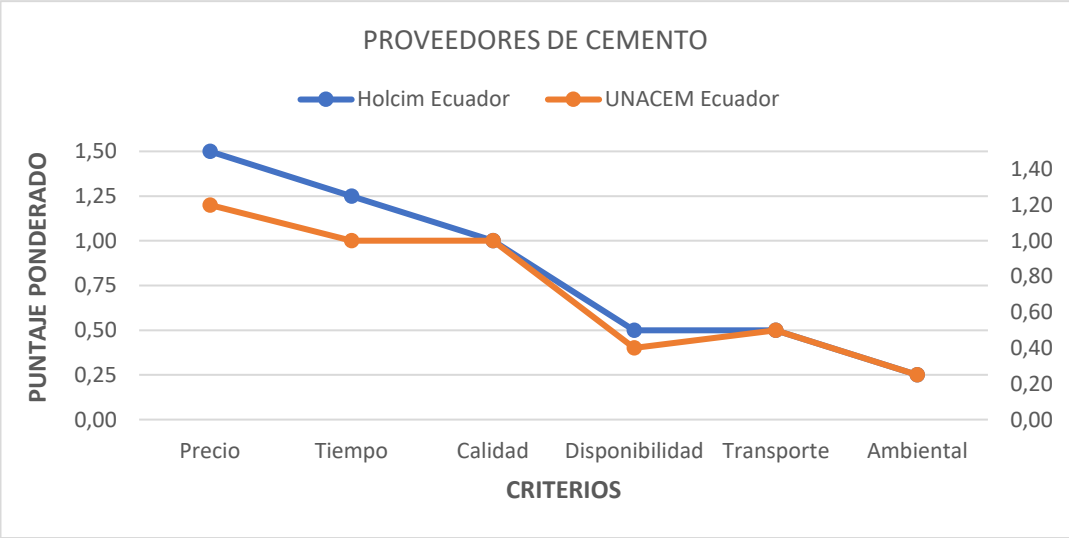


Figura 14. Evaluación comparativa de proveedores de cemento

En este contexto, se observa en la Figura 14 que Holcim Ecuador presenta un mejor desempeño en los criterios de precio, tiempo y disponibilidad, con una ventaja aproximada del 25 % en cada uno de estos aspectos frente a UNACEM Ecuador, lo

que evidencia una mayor competitividad en factores directamente relacionados con el costo y la eficiencia del abastecimiento dentro del proceso productivo de la empresa.

Por otro lado, en los criterios de calidad, transporte y medio ambiente, ambos proveedores presentan un comportamiento similar, sin diferencias porcentuales, lo que indica que cumplen en igual medida con las condiciones técnicas y operativas; sin embargo, la ventaja acumulada en los criterios clave se traduce en una diferencia global cercana al 13 %, posicionando a Holcim Ecuador como la alternativa más favorable.

b. Arena

Tabla 14. Puntaje ponderado de proveedores de arena

RESULTADOS			
CRITERIO	**Áridos Cotopaxi**	**Cantera Panzaleo**	**Diferencia relativa de desempeño**
	Puntaje ponderado	**Puntaje ponderado**	
Precio	1,5	1,2	**11%**
Tiempo	1,25	1,25	
Calidad	1	0,8	
Disponibilidad	0,5	0,5	
Transporte	0,5	0,5	
Medio ambiente	0,25	0,2	
PUNTAJE TOTAL	**5**	**4,45**	

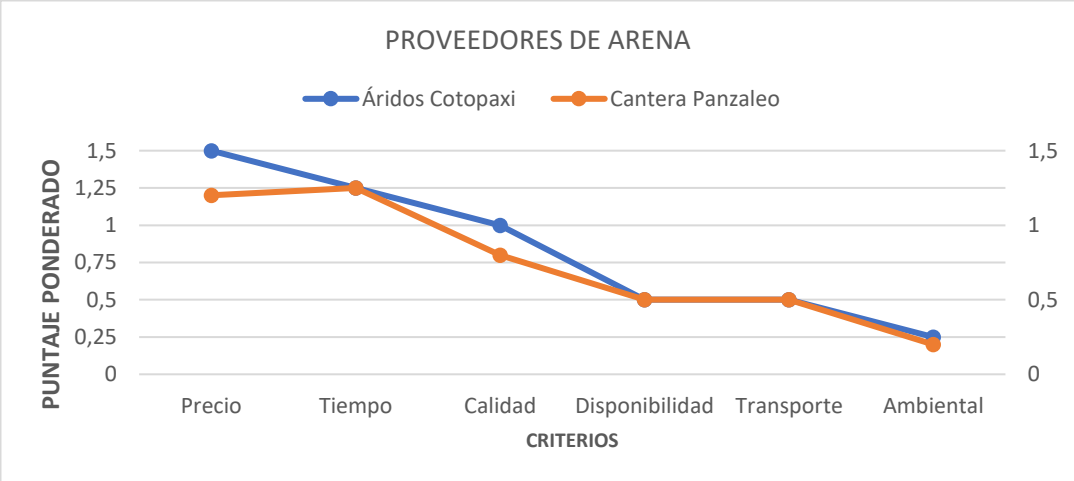


Figura 15. Evaluación comparativa de proveedores de arena

En el caso de la segunda materia prima analizada, en la Figura 15 se evidencia que Áridos Cotopaxi presenta una ventaja en el precio del 25 %, mientras que en el criterio de calidad la diferencia es del 25 % frente a Cantera Panzaleo, lo que refleja un mejor desempeño en aspectos relacionados con el costo y las condiciones del material, contribuyendo a la eficiencia del proceso productivo. Cabe destacar que el costo del transporte está incluido en el precio, por lo que este beneficio económico resulta integral para la empresa.

Por otro lado, en los criterios de tiempo, disponibilidad y transporte no se presentan diferencias entre ambos proveedores, ya que presentan características similares y beneficios equivalentes para la empresa, mientras que en el criterio de medio ambiente se observa una ventaja del 25 % a favor de Áridos Cotopaxi; en consecuencia, estas diferencias se traducen en una diferencia global del 11 %, lo que posiciona a Áridos Cotopaxi como la alternativa más conveniente, razón por la cual se mantiene actualmente como el proveedor principal de la empresa.

c. Ripio

Tabla 15. Puntaje ponderado de proveedores de ripio

RESULTADOS			
CRITERIO	**Áridos Cotopaxi**	**Cantera Panzaleo**	**Diferencia relativa de desempeño**
	Puntaje ponderado	**Puntaje ponderado**	
Precio	1,5	1,2	**3%**
Tiempo	1	1,25	
Calidad	0,8	1	
Disponibilidad	0,5	0,5	
Transporte	0,5	0,5	
Medio ambiente	0,2	0,2	
PUNTAJE TOTAL	**4,5**	**4,65**	

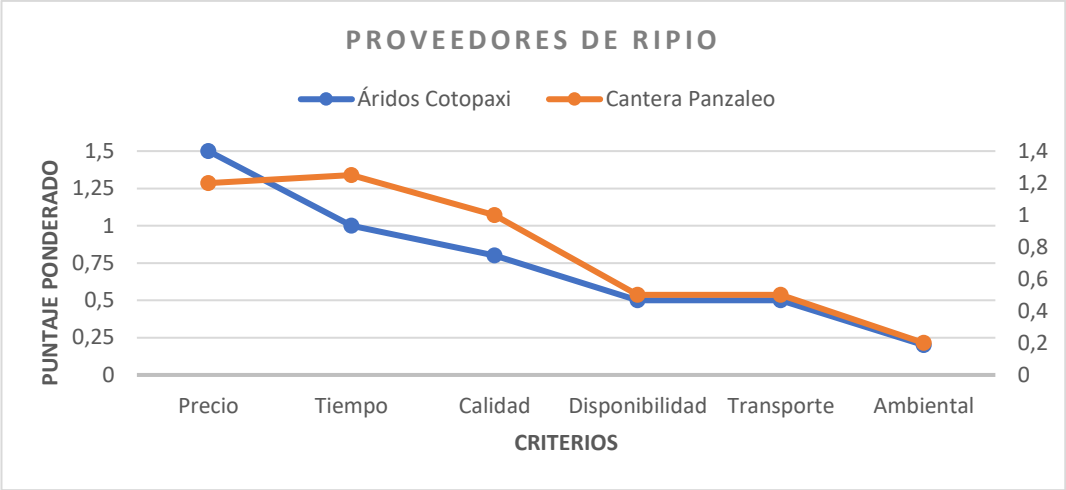


Figura 16. Evaluación comparativa de proveedores de ripio

En el caso del ripio, se observa en la Figura 16 que Áridos Cotopaxi presenta una ventaja en el precio del 25 % frente a Cantera Panzaleo, lo que representa un beneficio económico para la empresa. Sin embargo, Cantera Panzaleo supera a Áridos Cotopaxi en los criterios de tiempo y calidad, con un 25 % en ambos casos, evidenciando un mejor desempeño en la rapidez de entrega y en las características del material; este comportamiento se explica por su cercanía geográfica a la planta, lo que optimiza los tiempos de traslado y mejora la eficiencia logística.

Por otro lado, en los criterios de disponibilidad, transporte y medio ambiente no se presentan diferencias entre ambos proveedores, reflejando un desempeño equivalente. Cabe destacar que ambos proveedores cuentan con la documentación legal y técnica requerida para la explotación y comercialización de materiales pétreos, incluyendo permisos de operación minera, registros ambientales y cumplimiento de la normativa vigente en Ecuador. Asimismo, disponen de transporte propio, lo que les permite encargarse directamente del traslado del material hacia la empresa, garantizando la continuidad del suministro.

En consecuencia, estas condiciones, junto con las diferencias en los criterios evaluados, se traducen en una diferencia global del 3 % a favor de Cantera Panzaleo, posicionándolo como la alternativa técnicamente más favorable; no obstante, la empresa continúa priorizando el precio como criterio determinante, por lo cual Áridos Cotopaxi se mantiene como el proveedor principal de ripio o agregado grueso.

d. Aditivos

Tabla 16. Puntaje ponderado de proveedores de aditivos

RESULTADOS			
CRITERIO	**Centro Ferretero San Agustín**	**Distribuidor local Sik**	**Diferencia relativa de desempeño**
	Puntaje ponderado	**Puntaje ponderado**	
Precio	1,5	1,2	**14%**
Tiempo	1,25	0,75	
Calidad	0,8	1	
Disponibilidad	0,4	0,4	
Transporte	0,4	0,3	
Medio ambiente	0,2	0,25	
PUNTAJE TOTAL	**4,55**	**3,9**	

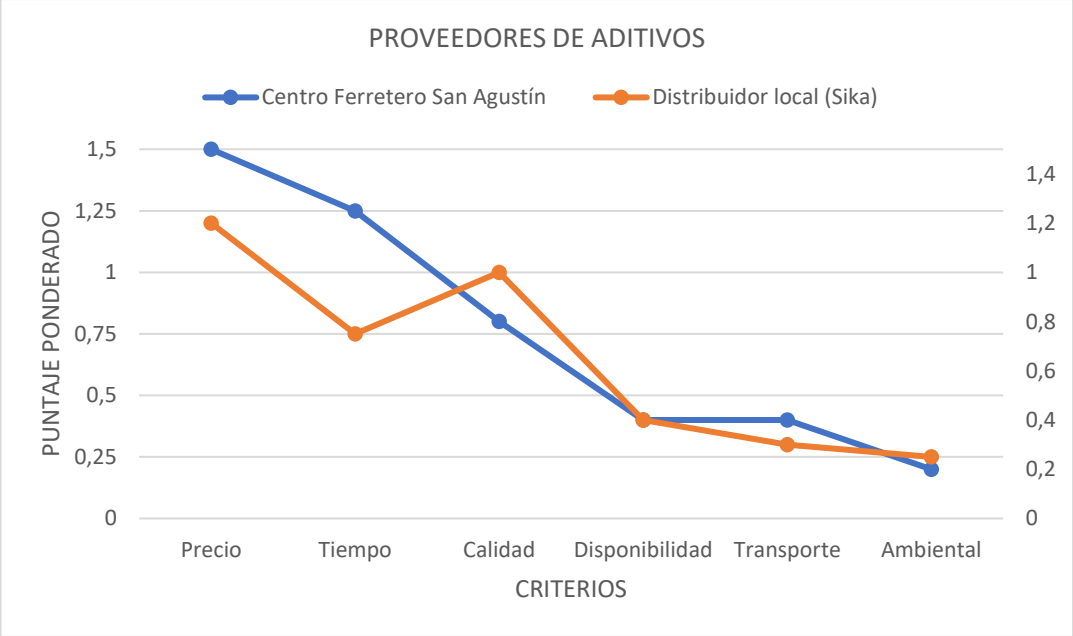


Figura 17. Evaluación comparativa de proveedores de aditivos

En el caso de los aditivos, la Figura 17 muestra que Centro Ferretero San Agustín presenta una ventaja en el precio del 25 % frente a Distribuidor local (Sika), lo que representa un beneficio directo en términos de costo para la empresa. Asimismo, supera a este proveedor en el tiempo con un 67 % y en el transporte con un 33 %, evidenciando un mejor desempeño en la rapidez de entrega y en la eficiencia logística; este comportamiento se explica porque el proveedor se encuentra más cercano a la

empresa y realiza la entrega directa del aditivo en planta, lo cual resulta especialmente favorable considerando los volúmenes elevados requeridos.

Por otro lado, el Distribuidor local de Sika presenta una ventaja en los criterios de calidad y medio ambiente con un 25 % en ambos casos, debido a que sus productos cuentan con mayores estándares técnicos y control de calidad. Sin embargo, estas ventajas no compensan el desempeño operativo de Centro Ferretero San Agustín, por lo que se genera una diferencia global del 14 % a su favor.

e. Agua

Tabla 17. Puntaje ponderado de proveedores de agua

RESULTADOS			
CRITERIO	**Red de agua de regadío**	**Sipragua**	**Diferencia relativa de desempeño**
	Puntaje ponderado	**Puntaje ponderado**	
Precio	1,5	1,2	**13%**
Tiempo	1,25	0,75	
Calidad	0,8	1	
Disponibilidad	0,5	0,4	
Transporte	0,5	0,4	
Medio ambiente	0,2	0,25	
PUNTAJE TOTAL	**4,75**	**4,0**	

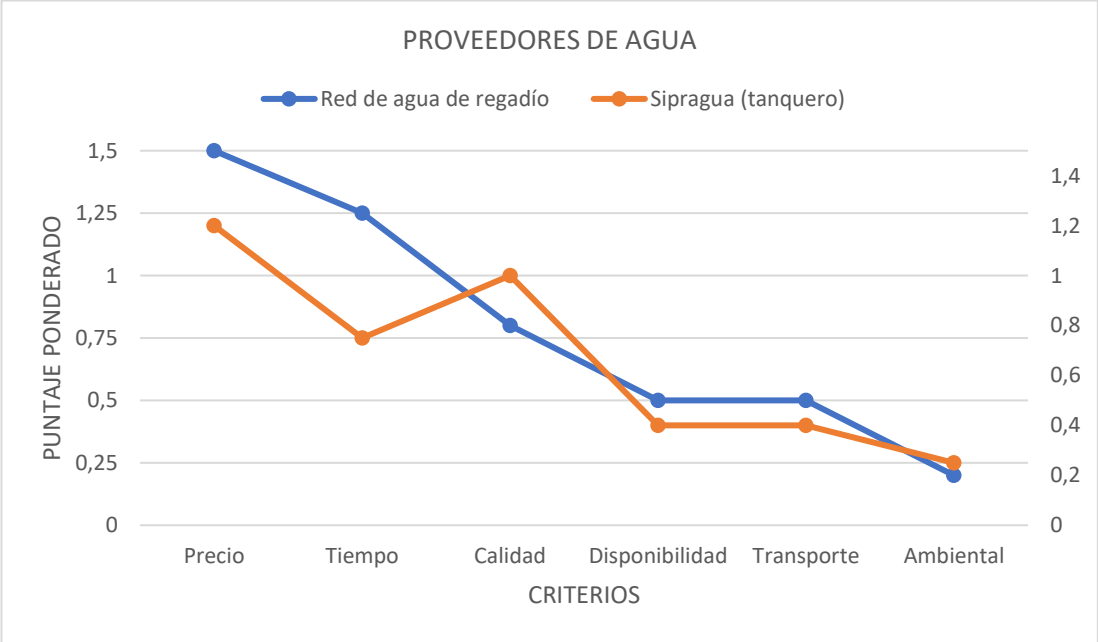


Figura 18. Evaluación comparativa de proveedores de agua

En el caso del agua, se observa en la Figura 18 que la red de agua de regadío presenta una ventaja en el precio del 25 % frente a Sipragua (tanquero), lo que representa un beneficio directo en términos de costo para la empresa. Asimismo, supera a este proveedor en el tiempo con un 67 %, así como en disponibilidad y transporte con un 25 % en cada caso, evidenciando un mejor desempeño en la continuidad del suministro y en la eficiencia logística. Este comportamiento se explica porque el agua de regadío pasa directamente por la empresa, lo que garantiza su disponibilidad constante y evita la intervención de costos logísticos o de transporte adicionales.

Por otro lado, Sipragua (tanquero) presenta una ventaja en los criterios de calidad y medio ambiente con un 25 % en ambos casos, lo que indica mejores condiciones en aspectos técnicos y de cumplimiento ambiental; en particular, la calidad se debe a que el agua suministrada es previamente tratada, eliminando aproximadamente un 70 % de impurezas en comparación con el agua de regadío. Sin embargo, estas ventajas no compensan el desempeño superior de la red de agua de regadío en los criterios operativos, por lo que se genera una diferencia global del 16 % a su favor, posicionándola como la alternativa más conveniente para la empresa.

3.6.5 Análisis general de desempeño de proveedores actuales

A partir de la evaluación realizada, se evidencia que los proveedores actuales presentan, en general, un mayor índice de desempeño en comparación con los proveedores secundarios, con ventajas relativas que oscilan entre el 11 % y el 16 %, dependiendo del tipo de materia prima. Esta diferencia se debe principalmente a mejores condiciones en los criterios de precio, tiempo de entrega y disponibilidad, los cuales tienen mayor ponderación dentro del proceso de abastecimiento. Además, los proveedores actuales muestran ventajas logísticas importantes, como la inclusión del transporte dentro del costo del material o la disponibilidad de transporte propio, lo que reduce costos adicionales para la empresa y facilita la continuidad operativa. En contraste, los proveedores secundarios, aunque en algunos casos presentan ventajas en calidad o tiempos específicos, implican mayores costos logísticos o menor estabilidad en el suministro.

3.6.6 Ampliación del conjunto de alternativas de proveedores

Con base en el análisis del desempeño de los proveedores actuales de la Hormigonera Cotopaxi, y con el propósito de fortalecer el proceso de toma de decisiones dentro del sistema de abastecimiento, se procede a ampliar el conjunto de alternativas de evaluación mediante la incorporación de nuevos proveedores potenciales. Estos proveedores han sido considerados debido a que presentan ventajas competitivas en el mercado regional de materiales de construcción, especialmente en aspectos relacionados con el precio, la facilidad de pago, la disponibilidad del producto y la calidad del material, factores que resultan relevantes dentro del proceso productivo de la empresa.

En este sentido, la inclusión de estas alternativas permite contar con un panorama más amplio y representativo del entorno de abastecimiento, lo cual contribuye a una evaluación más objetiva y completa del mercado. Además, permite identificar diferentes condiciones comerciales y operativas presentes en el entorno regional, considerando aspectos como cercanía geográfica, capacidad de respuesta, disponibilidad de transporte y cumplimiento de requisitos técnicos y ambientales. Esta información resulta relevante debido a que la selección de proveedores no depende únicamente del costo de adquisición, sino también de la capacidad del proveedor para garantizar la continuidad del suministro y responder a las necesidades productivas de la planta.

Asimismo, la incorporación de estas alternativas permite reducir la dependencia de un número limitado de proveedores y ampliar las opciones disponibles para la organización ante posibles cambios en la demanda, variaciones de precios o limitaciones en la disponibilidad de materias primas. De esta manera, la identificación de nuevos proveedores constituye una etapa necesaria para fortalecer la gestión estratégica de compras y disponer de mayores opciones dentro del proceso de decisión.

En la Tabla 18 se presentan los proveedores identificados a partir de la revisión del entorno local y provincial, considerando la oferta existente en la provincia de Cotopaxi y en zonas aledañas.

Tabla 18. Ampliación del conjunto de alternativas de

Materia prima	Proveedor	Ubicación	Precio referencial	Lead Time	Condiciones de pago	Calidad técnica	Permiso ambiental	Certificación	Transporte
Cemento	Cementos Chimborazo	Riobamba, Chimborazo	8,00 USD/unidad	2–3 días	Contado	Media-Alta	Sí	INEN básica	Sí
Arena	Cantera Illuchi	Latacunga, Cotopaxi	45–48 USD/volqueta	1 día	Contado	Media	Sí	Cumplimiento ambiental básico	Sí
Ripio	Cantera Illuchi	Latacunga, Cotopaxi	45 USD/volqueta	1 día	Contado	Media	Sí	Cumplimiento ambiental básico	Sí
Aditivos	ADITEC Ecuador	Ambato, Tungurahua	4,20 USD/L	1 día	Crédito comercial	Alta	Sí	Normas técnicas del fabricante	Sí
Agua	EMAPA-L EP	Latacunga, Cotopaxi	40–60 USD/viaje	1 día	Contado	Agua potable para construcción	Sí	Normativa municipal y ARCA	Sí

3.7 Análisis multicriterio para la evaluación de proveedores

Con base en los resultados obtenidos en el análisis del desempeño de los proveedores actuales, se procede a estructurar y organizar los criterios y subcriterios que intervienen en el proceso de selección, de manera que sean adecuados a las condiciones operativas de la Hormigonera Cotopaxi. Esta estructuración permite establecer una base clara y coherente para su análisis dentro del proceso de abastecimiento.

Para ello, se emplea el método de Análisis Jerárquico de Procesos (AHP), el cual permite determinar la importancia relativa de los criterios mediante el juicio de expertos, a través de comparaciones por pares. De esta manera, se obtienen las ponderaciones necesarias que servirán como base para la evaluación y selección de proveedores futuros o potenciales.

3.7.1 Definición de criterios y subcriterios

En la Tabla 19 se presentan los criterios y subcriterios para la evaluación de proveedores, los cuales se establecen a partir del análisis del desempeño de los proveedores actuales y de los requerimientos del proceso de abastecimiento de la Hormigonera Cotopaxi. Estos elementos permiten estructurar de manera organizada los factores que influyen en la toma de decisiones dentro del proceso de selección.

En este contexto, se establecen cuatro criterios principales: económico, técnico, logístico y ambiental, los cuales se descomponen en subcriterios específicos que permiten una evaluación más detallada de los proveedores de cada materia prima. La definición de estos criterios busca representar las condiciones reales del sistema de abastecimiento, considerando tanto factores asociados al costo y desempeño operativo como aspectos relacionados con la capacidad de suministro y cumplimiento de requisitos ambientales. De esta manera, la estructura planteada proporciona una base metodológica para la comparación de alternativas mediante el modelo de decisión multicriterio aplicado en la investigación.

Tabla 19. Criterios y subcriterios para la evaluación de proveedores

Criterio	Subcriterio	Descripción
Económico	Precio del material	Corresponde al valor unitario de las materias primas ofertadas por el proveedor, el cual incide directamente en los costos de producción.
	Condiciones de pago	Hace referencia a los plazos, facilidades de crédito y modalidades de pago establecidas por el proveedor.
Técnico	Calidad del material	Se relaciona con el cumplimiento de las especificaciones técnicas requeridas para la producción de hormigón.
	Disponibilidad	Representa la capacidad del proveedor para suministrar el material de forma continua según la demanda requerida.
Logístico	Transporte	Se refiere el responsable, a los medios y condiciones utilizadas para el traslado de los materiales desde el proveedor hasta la empresa.
	Tiempo de entrega	Corresponde al periodo necesario para la entrega de los materiales desde la solicitud hasta su recepción.
	Flexibilidad	Hace referencia a la capacidad del proveedor para adaptarse a cambios en los volúmenes o condiciones del pedido.
Medioambiental	Permisos ambientales	Representa la posesión de autorizaciones legales necesarias para la operación y comercialización de materiales.
	Gestión de residuos	Corresponde a las prácticas implementadas por el proveedor para la correcta clasificación, tratamiento, reutilización y disposición final de los residuos generados, con el fin de minimizar el impacto ambiental.
	Transporte sostenible	Hace referencia al uso de estrategias logísticas eficientes que reduzcan el consumo de combustible y las emisiones contaminantes durante la distribución de materiales.
	Buenas prácticas ambientales	Se relaciona con la aplicación de acciones orientadas a la protección del entorno, como el uso eficiente de recursos, la reducción de impactos ambientales y el cumplimiento de normativas vigentes.

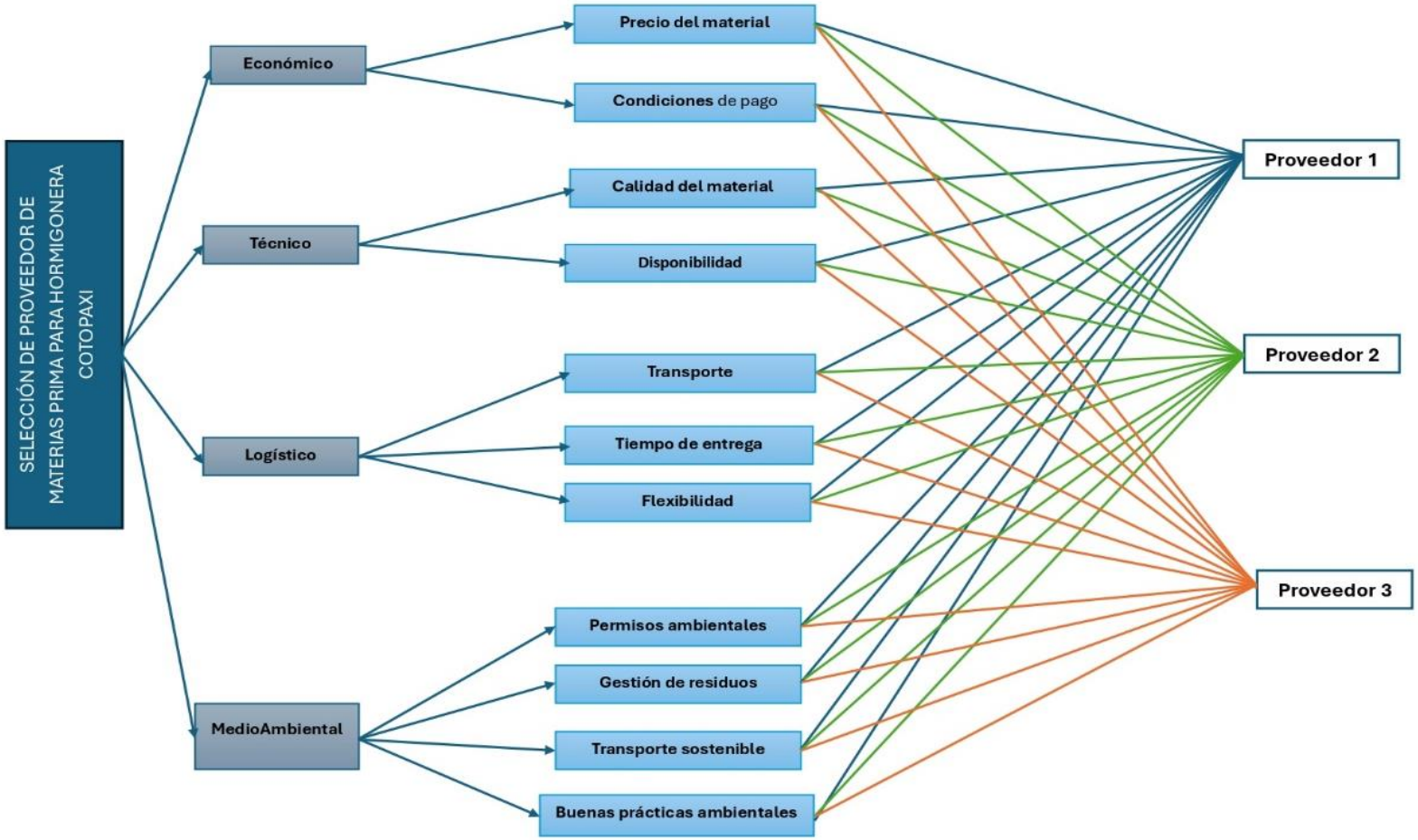


Figura 19. Modelo jerárquico AHP de proveedores – Hormigonera Cotopaxi.

3.7.2 Estructura jerárquica del modelo AHP para la selección de proveedores

La Figura 19 muestra la estructura jerárquica desarrollada para la aplicación del método AHP en la selección de proveedores de materias primas para la Hormigonera Cotopaxi. Esta estructura permite organizar el problema de decisión en diferentes niveles, facilitando la evaluación de los factores que influyen en la selección del proveedor con mayor desempeño global. En el primer nivel se establece el objetivo general del modelo, orientado a seleccionar el proveedor más adecuado para garantizar el abastecimiento oportuno de los insumos requeridos en la producción de hormigón. A partir de este objetivo se definen los criterios económico, técnico, logístico y medioambiental, considerando las necesidades operativas de la empresa y las condiciones que debe cumplir un proveedor para asegurar un suministro eficiente y de calidad.

En el siguiente nivel, cada criterio se descompone en subcriterios específicos: el criterio económico considera el precio del material y las condiciones de pago; el técnico incluye la calidad del material y la disponibilidad; el logístico contempla transporte, tiempo de entrega y flexibilidad; mientras que el medioambiental integra permisos ambientales, gestión de residuos, transporte sostenible y buenas prácticas ambientales. Finalmente, se encuentran las alternativas de decisión representadas por los proveedores evaluados para cada materia prima. Esta relación entre criterios, subcriterios y alternativas permite realizar las comparaciones por pares del método AHP, obteniendo las ponderaciones y prioridades globales de cada proveedor

Dentro de la estructura jerárquica del modelo AHP, la optimización del proceso de abastecimiento se refleja en la selección de proveedores que cumplen integralmente con los requerimientos económicos, técnicos, logísticos y ambientales de la empresa. La evaluación y priorización de estas variables permite identificar el proveedor con mayor desempeño global, reduciendo tiempos asociados a inspecciones, negociaciones y controles adicionales. De esta manera, el modelo facilita la selección de un proveedor confiable que garantice materias primas con condiciones de calidad, disponibilidad y cumplimiento normativo previamente establecidos.

3.7.3 Matriz de comparaciones pareadas

A continuación, se procede con la comparación de cada criterio respecto a los demás, utilizando la escala fundamental propuesta por Saaty, la cual permite transformar percepciones cualitativas en valores cuantificables.

Para el desarrollo de esta investigación, la valoración de los criterios se realizó mediante el juicio de expertos a través de la herramienta mostrada en el Anexo C, considerando al personal involucrado en el proceso de abastecimiento de la Hormigonera Cotopaxi, debido a su conocimiento del sistema de producción, lo que contribuyó a la obtención de juicios consistentes y acordes con los criterios de validación establecidos por el método AHP.

Con el fin de recopilar la información necesaria, se diseñó un instrumento de comparación por pares que permite evaluar la importancia relativa entre los criterios definidos. Los valores introducidos en esta matriz de orden 4x4 cumplen con los requerimientos del Proceso Analítico Jerárquico para expresar el grado de preferencia de un criterio sobre otro.

Una vez obtenidas las valoraciones de los expertos, los resultados fueron consolidados mediante la obtención de un valor representativo para cada comparación. Posteriormente, dichos valores, presentados en la Tabla 20, fueron ajustados a la escala fundamental de Saaty, con el fin de garantizar la consistencia en la construcción de la matriz de comparación por pares de los criterios.

Tabla 20. Matriz de comparación por pares de criterios

Criterio	Económico	Técnico	Logístico	Medioambiental
Económico	1	4	3	6
Técnico	1/4	1	3	2
Logístico	1/3	1/3	1	2
Medioambiental	1/6	1/2	1/2	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}.$	1,750	5,833	7,500	11,000

En la Tabla 20 se presenta la comparación de los criterios establecidos, donde los valores mayores a uno indican la preferencia de un criterio sobre otro, mientras que los valores recíprocos representan la relación inversa; finalmente, el valor de calificación de un criterio sobre sí mismo es de 1.

A continuación, se presenta la interpretación de los resultados plasmados en la Tabla 20:

a) **Económico -Técnico:** El criterio económico se encuentra relacionado con los costos asociados a la adquisición de materias primas y las condiciones de pago ofrecidas por los proveedores, mientras que el criterio técnico está enfocado en la calidad del material y la capacidad del proveedor para garantizar el abastecimiento continuo. En este sentido, se considera que el criterio económico posee una importancia moderada a fuerte sobre el criterio técnico, debido a que los costos influyen directamente en la rentabilidad de la empresa, asignándose una valoración de 4 según la escala de Saaty.

b) **Económico – Logístico:** El criterio logístico comprende aspectos como el transporte, tiempos de entrega y flexibilidad del proveedor. Se establece que el criterio económico tiene una importancia moderada sobre el logístico, debido a que, si bien la logística es importante para la continuidad operativa, el costo de adquisición representa un factor determinante en la toma de decisiones, asignándose una calificación de 3.

c) **Económico - Medio Ambiental:** El criterio medioambiental se relaciona con el cumplimiento de normativas ambientales y la gestión responsable de los impactos generados. Se determina que el criterio económico presenta una importancia fuerte sobre el medioambiental, dado que las decisiones de compra en la empresa están principalmente condicionadas por los costos, asignándose una valoración de 6, lo que refleja una preferencia clara del criterio económico.

d) **Técnico – Logístico:** El criterio técnico presenta una importancia moderada sobre el logístico, debido a que la calidad del material y la disponibilidad del proveedor son fundamentales para asegurar la continuidad del proceso productivo, mientras que los aspectos logísticos, aunque relevantes, pueden ser gestionados con mayor flexibilidad. Por ello, se asigna una calificación de 3.

e) **Técnico – Medioambiental:** En esta comparación, el criterio técnico tiene una importancia moderada sobre el medioambiental, ya que la calidad del producto influye directamente en el desempeño del proceso productivo, mientras que los aspectos ambientales, aunque importantes, tienen un impacto más indirecto en la operación inmediata. Se asigna una valoración de 2.

f) **Logístico – Medioambiental:** El criterio logístico presenta una importancia moderada sobre el medioambiental, considerando que los tiempos de entrega y la disponibilidad influyen directamente en la continuidad de la producción. No obstante, el criterio ambiental sigue siendo relevante en términos de cumplimiento normativo y sostenibilidad, por lo que se asigna una calificación de 2.

En la Figura 21 se presenta la matriz cualitativa de comparación entre los criterios económico, técnico, logístico y medioambiental, elaborada con el objetivo de representar el grado de importancia relativa entre ellos dentro del proceso de toma de decisiones.

Criterio	Económico	Técnico	Logístico	Medioambiental
Económico	Igual	Muy relacionado	Relación media	Muy diferente
Técnico	Muy relacionado	Igual	Relación media	Relación media
Logístico	Relación media	Relación media	Igual	Relación media
Medioambiental	Muy diferente	Relación media	Relación media	Igual

Figura 20. Matriz cualitativa de importancia relativa entre criterios del modelo AHP

La matriz presentada en la Figura 20 tiene como finalidad representar de forma cualitativa la importancia relativa entre los criterios evaluados en el modelo AHP, utilizando una escala basada en la equivalencia y la intensidad de importancia. Esta representación permite identificar de manera clara cuándo los criterios poseen la misma relevancia o cuándo existe una superioridad moderada o significativa entre ellos, facilitando la interpretación de las comparaciones realizadas mediante la escala de Saaty, reduciendo la complejidad del análisis y fortaleciendo la coherencia y claridad en la toma de decisiones.

3.7.4 Matriz normalizada

Una vez construida la matriz de comparación por pares de criterios, se procedió a su normalización como se muestra en la Tabla 21, mediante la ecuación de la sumatoria observada en la Tabla 20, matriz de comparación por pares de criterios, permitiendo la normalización, la cual consiste en dividir cada valor de la matriz por la suma total de su respectiva columna, obteniendo así valores relativos que permiten comparar la importancia de los criterios. Este procedimiento permite transformar los valores originales en una escala homogénea, facilitando el cálculo del vector de prioridades, con el fin de obtener valores comparables, como se muestra en la Tabla 22.

Tabla 21. Matriz de valores normalizados

Criterio	**Económico**	**Técnico**	**Logístico**	**Ambiental**
Económico	1 ÷1,750	4÷5,833	3÷7,5	6÷11
Técnico	(1/4)÷ 1,75	1÷5,833	3÷7,5	2÷11
Logístico	(1/3)÷ 1,75	(1/3)÷ 5,833	1÷7,5	2÷11
Medioambiental	(1/6)÷ 1,75	(1/2)÷ 5,833	(1/2)÷ 7,5	1÷11,

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 22 y en la Figura 21, se establece un orden jerárquico entre los criterios evaluados, permitiendo evidenciar la influencia que cada uno de ellos tiene dentro del modelo. Estas prioridades pueden ser comparadas con los resultados obtenidos mediante el software de toma de decisiones Expert Choice, lo que permite validar la coherencia de los cálculos realizados.

Tabla 22. Matriz prioridades de los criterios

Selección de proveedores	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} / n$	Prioridad	Prioridad %
Económico	2,2026 ÷ 4	0,5506	55,06%
Técnico	0,8961 ÷ 4	0,2240	22,40%
Logístico	0,5628÷ 4	0,1407	14,07%
Medioambiental	0,3385 ÷ 4	0,0846	8,46%
TOTAL		1.0000	100%

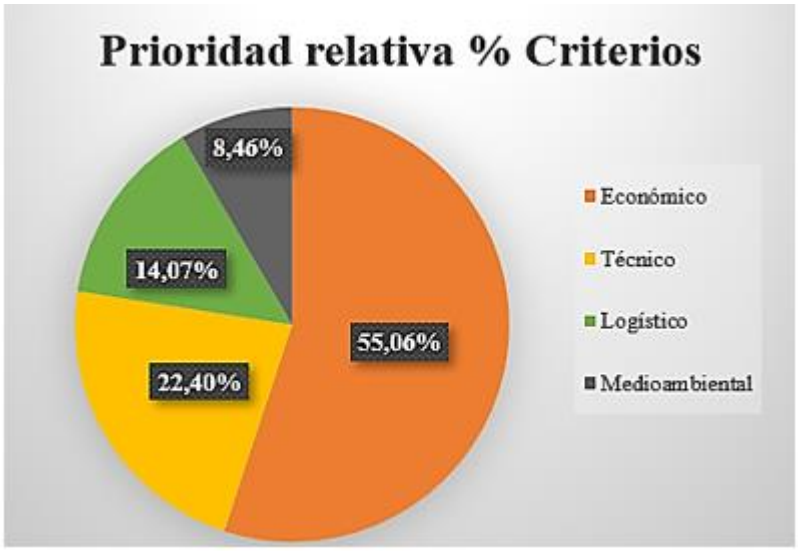


Figura 21. Distribución de pesos de los criterios de evaluación

3.7.5 Cálculo del índice de consistencia

Con el fin de verificar la coherencia de los juicios emitidos en la matriz de comparación por pares, se procede al cálculo del valor propio máximo λmax, el cual permite determinar el Índice de Consistencia (IC) y, posteriormente, la Razón de Consistencia (CR). Este análisis es fundamental dentro del método AHP, ya que permite validar la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Se inicia determinando el valor de λmax, tal como se muestra en la Tabla 23, mediante la aplicación de la ecuación de promedios ponderados. Este mismo procedimiento se emplea en las demás matrices desarrolladas dentro del estudio.

Tabla 23. Cálculo λmax para los criterios

Ratio de consistencia	$\sum_{i=1}^{n} a_{ij} * W_{ij} / n$	W_{ij}	λ
Económico	2,37662	0,5506	4,316
Técnico	0,95303	0,2240	4,254
Logístico	0,56818	0,1407	4,038
Medioambiental	0,35877	0,0846	4,239
λmax (promedio)			**4,2119**

Aplicando la ecuación del Índice de Consistencia, donde n=4, se tiene:

$$IC = \frac{\lambda max - n}{n - 1} = \frac{4{,}2119 - 4}{4 - 1} = 0{,}0706$$

De acuerdo con la Tabla de Índice Aleatorio (IA) propuesta por Saaty, para n=4 corresponde un valor de IA=0,89. Por lo tanto, aplicando la ecuación de la Razón de Consistencia (CR), se obtiene:

$$CR = \frac{IA}{IC} = \frac{0{,}0706}{0{,}89} = 0{,}0793$$

Según el criterio establecido por Saaty, una matriz de comparación es considerada consistente cuando el valor de la razón de consistencia es menor a 0,1. En este caso, al obtenerse un valor de CR=0,0793, se concluye que los juicios emitidos presentan un nivel adecuado de coherencia, validando así la matriz de comparación por pares.

3.7.6 Cálculo de prioridades subcriterios

Para el desarrollo de la comparación por pares de los subcriterios, se toman como referencia las definiciones establecidas desde la Tabla 20 hasta la Tabla 23, con el fin de analizar las calificaciones asignadas entre cada uno de ellos. Este procedimiento permite estructurar las matrices de comparación y determinar la importancia relativa de los subcriterios dentro de cada criterio principal.

Como apoyo para la verificación y validación de los resultados obtenidos mediante los cálculos manuales, se emplea el software Expert Choice, el cual permite comprobar la coherencia de los datos ingresados, así como corroborar los pesos relativos y los niveles de consistencia del modelo AHP. El procedimiento para la utilización del software, incluyendo el ingreso del modelo jerárquico y la asignación de las comparaciones.

Adicionalmente, los cálculos matemáticos desarrollados de forma manual, correspondientes a la normalización de las matrices, la obtención de los valores de prioridades y la verificación de la consistencia para cada uno de los subcriterios, se presentan detalladamente en el Anexo A, con el propósito de respaldar y sustentar los resultados obtenidos en la investigación.

a) Subcriterios - Económico

La matriz de comparaciones por pares de criterios presenta los subcriterios correspondientes al criterio económico, los cuales son: precio y condiciones de pago. Para la construcción de la matriz se consideran las mismas bases metodológicas empleadas en la comparación de los criterios, utilizando la escala fundamental de Saaty para asignar los valores de preferencia entre los subcriterios. En el caso del software Expert Choice, las calificaciones representadas en color rojo indican una mayor importancia del subcriterio ubicado en la columna respecto al de la fila, mientras que las calificaciones en color negro reflejan una mayor importancia del subcriterio ubicado en la fila de la matriz. La Figura 22 presenta las prioridades relativas de los subcriterios obtenidas mediante el software, cuyos resultados son comparados con los cálculos realizados manualmente en hojas de cálculo de Excel, con el fin de verificar y sustentar el modelo de decisión desarrollado.

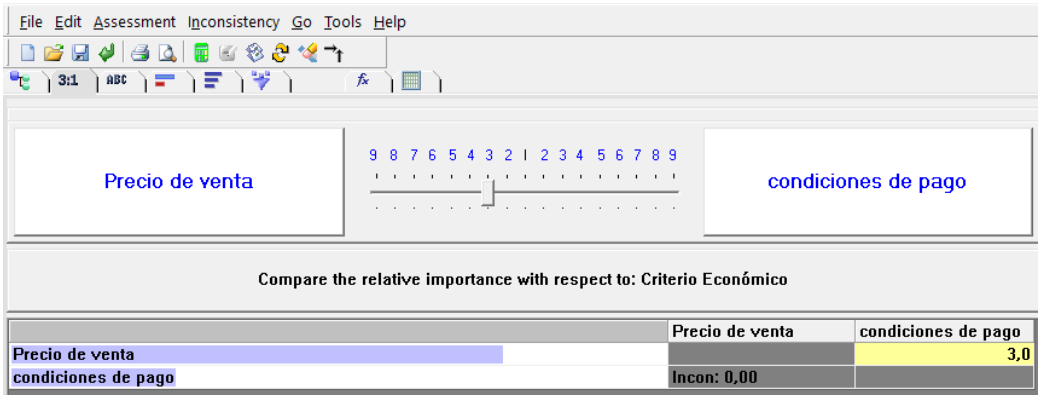


Figura 22. Matriz de comparaciones subcriterios respecto al criterio Económico

Precio – Condiciones de pago: El subcriterio Precio hace referencia al valor monetario que la empresa debe invertir para la adquisición de las materias primas, siendo un factor determinante dentro del proceso de abastecimiento debido a su impacto directo en los costos de producción. Por otro lado, las Condiciones de pago se relacionan con las facilidades financieras otorgadas por el proveedor, tales como plazos de crédito o modalidades de pago. En este sentido, se establece que el Precio presenta una importancia moderada sobre las Condiciones de pago, asignándole un valor de 3 en la escala de Saaty, debido a que, aunque las condiciones financieras son relevantes, el costo directo del material influye de manera más significativa en la toma de decisiones.

El subcriterio Precio posee un 75% de prioridad dentro del criterio económico, mientras que Condiciones de pago alcanza un 25%, lo que evidencia que el factor económico principal a considerar en la selección de proveedores es el precio del material. La consistencia de las calificaciones ingresadas en la matriz es perfecta, obteniéndose un valor de 0, lo cual se encuentra dentro de los parámetros establecidos por Saaty, validando la coherencia de los juicios emitidos.

b) Subcriterios – Técnicos

La Figura 23 expone la matriz de comparaciones pareadas de los subcriterios del criterio técnico las cuales son: Calidad y Disponibilidad.

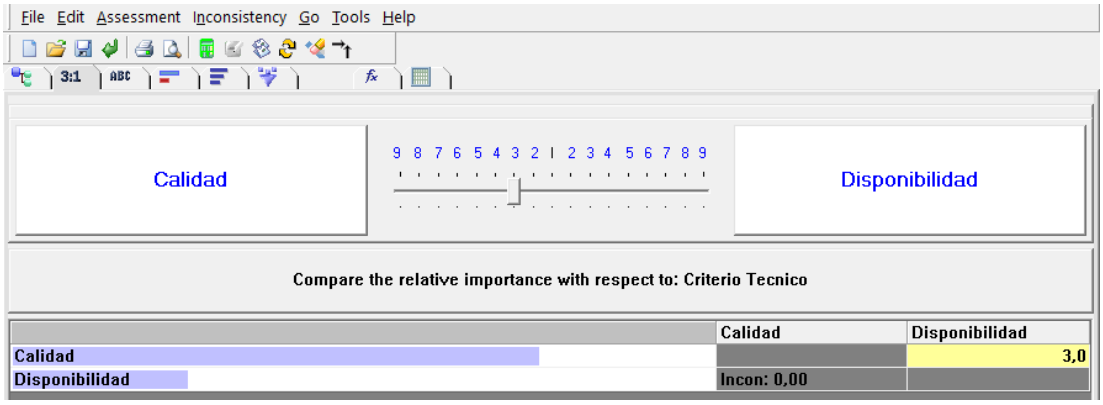


Figura 23. Matriz de comparaciones subcriterios respecto al criterio Técnico

Calidad – Disponibilidad: El subcriterio Calidad hace referencia al cumplimiento de las especificaciones técnicas exigidas para las materias primas utilizadas en la producción de hormigón, lo cual incide directamente en la resistencia, durabilidad y desempeño del producto final. Por su parte, la Disponibilidad se relaciona con la capacidad del proveedor para suministrar oportunamente los materiales requeridos, garantizando la continuidad del proceso productivo y evitando retrasos en la operación. En este contexto, se establece que la Calidad presenta una importancia moderada sobre la Disponibilidad, asignándole un valor de 3 en la escala de Saaty, debido a que, aunque la disponibilidad es fundamental para el abastecimiento continuo, la calidad del material es determinante para asegurar el cumplimiento de los estándares técnicos del producto.

Los resultados obtenidos indican que el subcriterio Calidad posee una prioridad del 75% dentro del criterio técnico, mientras que Disponibilidad alcanza un 25 %,

evidenciando que la calidad del material es el factor predominante en la evaluación técnica de los proveedores. La consistencia de las calificaciones ingresadas en la matriz es perfecta, obteniéndose un valor de 0, lo cual se encuentra dentro de los parámetros establecidos por Saaty, validando la coherencia de los juicios emitidos.

c) Subcriterios – Logístico

La Figura 24 expone la matriz de comparaciones pareadas de los subcriterios del criterio logístico las cuales son: Transporte, Tiempo de entrega y Flexibilidad.

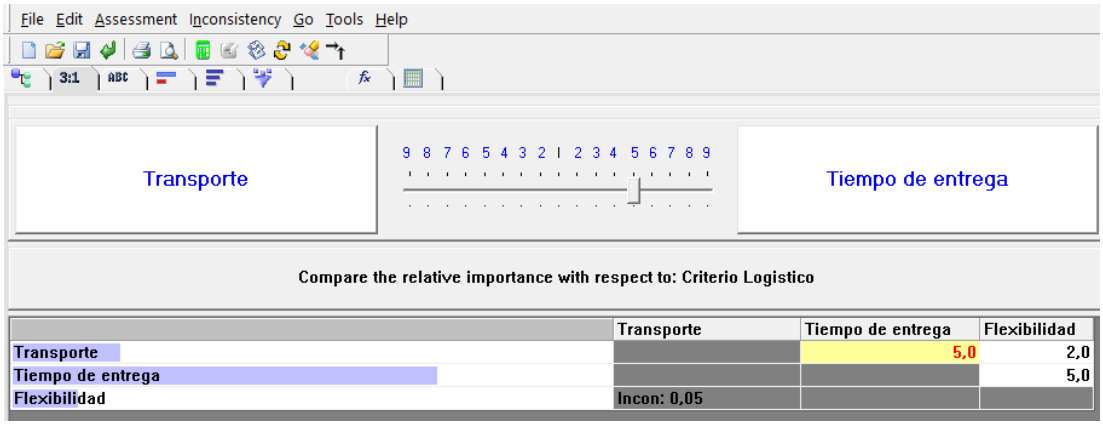


Figura 24. Matriz de comparaciones subcriterios respecto al criterio Logístico

Transporte – Tiempo de entrega. El subcriterio Transporte se refiere a los medios condiciones y responsabilidades mediante los cuales el proveedor realiza el traslado de las materias primas hacia la planta, lo cual influye en la integridad del material y en los costos logísticos. Por otro lado, el Tiempo de entrega hace referencia al periodo que transcurre desde la solicitud del material hasta su recepción, siendo un factor clave para garantizar la continuidad del proceso productivo. En este caso, se establece que el Tiempo de entrega presenta una importancia fuerte sobre el Transporte, asignándole un valor de 5 en la escala de Saaty, debido a que el cumplimiento oportuno de los plazos incide directamente en la operación de la empresa.

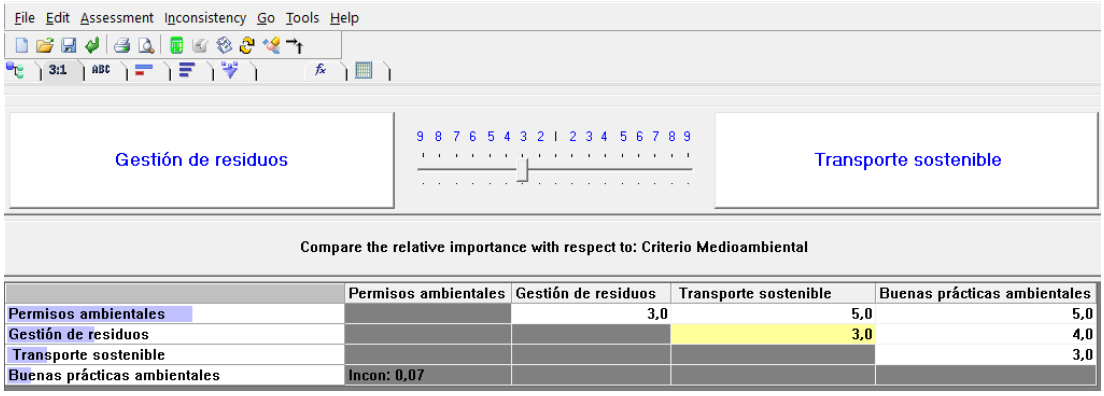
Transporte – Flexibilidad. La Flexibilidad se relaciona con la capacidad del proveedor para adaptarse a cambios en los requerimientos de la empresa, tales como variaciones en volúmenes o tiempos de entrega. En este contexto, se determina que el Transporte presenta una importancia moderada sobre la Flexibilidad, asignándole un valor de 2, debido a que, aunque la adaptabilidad es relevante, las condiciones de transporte influyen directamente en la calidad y disponibilidad del material.

Tiempo de entrega – Flexibilidad. El Tiempo de entrega tiene una influencia directa sobre la planificación y ejecución de las actividades productivas, mientras que la Flexibilidad actúa como un factor de apoyo ante cambios operativos. Por esta razón, se establece que el Tiempo de entrega posee una importancia fuerte sobre la Flexibilidad, asignándole un valor de 5 en la escala de Saaty.

Los resultados obtenidos muestran que el subcriterio Tiempo de entrega posee la mayor prioridad dentro del criterio logístico, con un 70,28 %, seguido por Transporte y finalmente Flexibilidad, evidenciando que la puntualidad en el suministro es el factor más determinante en la gestión logística de proveedores. La consistencia de la matriz es de 0,05 lo cual muestra que se encuentra dentro de los parámetros aceptables establecidos por Saaty, validando la coherencia de los juicios emitidos

d) Subcriterios – Medioambiental

La Figura 25 expone la matriz de comparaciones pareadas de los subcriterios del criterio Medioambiental las cuales son: Permisos ambientales, Gestión de residuos, Transporte sostenible y Buenas prácticas ambientales.



	Permisos ambientales	Gestión de residuos	Transporte sostenible	Buenas prácticas ambientales
Permisos ambientales		3,0	5,0	5,0
Gestión de residuos			3,0	4,0
Transporte sostenible				3,0
Buenas prácticas ambientales	Incon: 0,07			

Figura 25. Matriz de comparaciones subcriterios respecto al criterio Medioambiental

Permisos ambientales – Gestión de residuos. El subcriterio Permisos ambientales evalúa el cumplimiento de la normativa ambiental vigente por parte del proveedor, mientras que Gestión de residuos se refiere a las prácticas implementadas para el manejo adecuado de los desechos generados. Se considera que los permisos ambientales tienen una importancia moderada sobre la gestión de residuos, asignándoles un valor de 3 en la escala de Saaty, debido a que el cumplimiento legal constituye un requisito esencial para el desarrollo de las operaciones.

Permisos ambientales – Transporte sostenible. El Transporte sostenible se refiere a la implementación de prácticas que reduzcan el impacto ambiental durante el traslado de materiales. Sin embargo, se considera que los Permisos ambientales tienen una importancia fuerte sobre este subcriterio, asignándole un valor de 5, ya que el cumplimiento normativo es indispensable antes de considerar mejoras en sostenibilidad.

Permisos ambientales – Buenas prácticas ambientales. Las Buenas prácticas ambientales abarcan acciones voluntarias orientadas a la protección del medio ambiente. En este caso, se determina que los Permisos ambientales poseen una importancia fuerte sobre este subcriterio, asignándole un valor de 5, debido a que las prácticas voluntarias dependen del cumplimiento previo de la normativa ambiental.

Gestión de residuos – Transporte sostenible. La adecuada gestión de residuos contribuye directamente a la reducción del impacto ambiental, mientras que el transporte sostenible actúa como un complemento en la cadena logística. Por esta razón, se establece que la Gestión de residuos presenta una importancia moderada sobre el Transporte sostenible, asignándole un valor de 3.

Gestión de residuos – Buenas prácticas ambientales. La gestión de residuos constituye una acción estructurada y obligatoria dentro de la operación, mientras que las buenas prácticas ambientales son complementarias. En este caso, se determina una importancia entre moderada y fuerte del primer subcriterio sobre el otro, asignándole un valor de 4.

Transporte sostenible – Buenas prácticas ambientales. El transporte sostenible influye directamente en la reducción de emisiones durante el traslado de materiales, mientras que las buenas prácticas ambientales tienen un enfoque más general. Por ello, se establece una importancia moderada del primer subcriterio sobre el otro, asignándole un valor de 3.

Los resultados obtenidos mostrados en la Tabla 24 y Figura 26 muestran que el subcriterio Permisos ambientales posee la mayor prioridad dentro del criterio medioambiental, con un 53,79 %, seguido por Gestión de residuos, Transporte sostenible y Buenas prácticas ambientales, evidenciando que el cumplimiento de la normativa ambiental es el factor más determinante en la evaluación ambiental de los

proveedores. La consistencia de la matriz es de 0,07 lo cual evidencia que se encuentra dentro de los parámetros aceptables establecidos por Saaty, validando la coherencia de los juicios emitidos.

Tabla 24. Resumen prioridades criterios y subcriterios

Criterios	Prioridad relativa %	Subcriterios	Prioridad relativa %	Total
Económico	55,06%	Precio de venta	75,00%	100%
		Condiciones de pago	25,00%	
Técnico	22,40%	Calidad	75,00%	100%
		Disponibilidad	25,00%	
Logístico	14,07%	Transporte	11,49%	100%
		Tiempo de entrega	18,22%	
		Flexibilidad	70,29%	
Medioambiental	8,46%	Permisos ambientales	53,79%	100%
		Gestión de residuos	25,99%	
		Transporte sostenible	13,15%	
		Buenas prácticas ambientales	7,06%	
	100%			

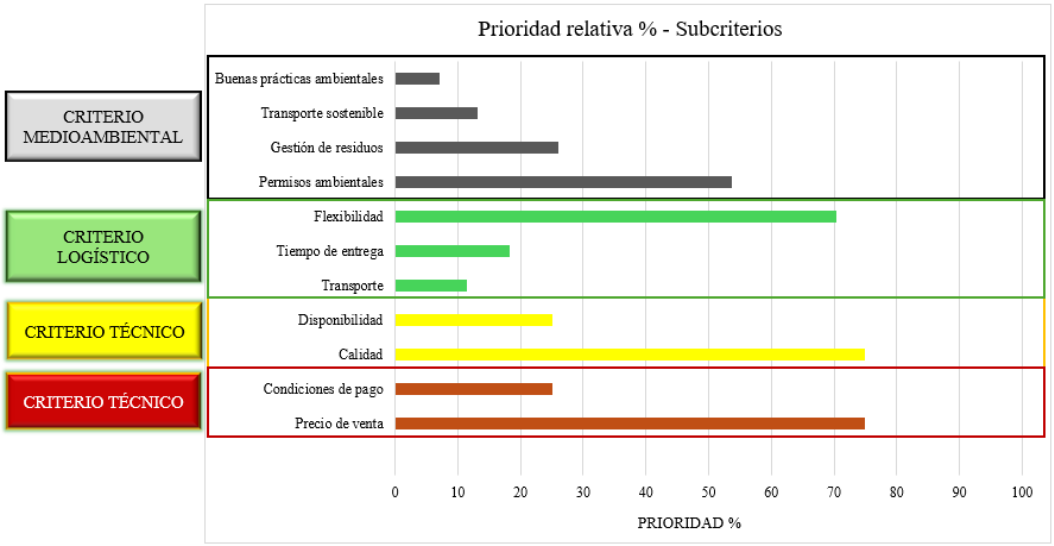


Figura 26. Prioridad de los subcriterios

3.7.7 Prioridades de las alternativas

El punto de partida para el análisis y sustento de las calificaciones asignadas, comparando las alternativas con los subcriterios del modelo de decisión, es la base teórica para la selección y evaluación de proveedores de materia prima. En este sentido, se tienen en cuenta las características de los proveedores, así como las especificaciones y características de los productos que ofrecen, considerando su impacto directo en el proceso de selección.

Los cálculos matemáticos manuales correspondientes a la matriz normalizada, así como las prioridades relativas y globales de cada alternativa, se proporcionan en el Anexo B. Además, se utilizó el software Expert Choice para apoyar la verificación de los resultados. El detalle de los proveedores y las características de sus productos, de manera resumida, se presentan en la Tabla 6, Tabla 7 y Tabla 18, para sustentar el análisis desarrollado.

3.7.8 Selección y priorización de proveedores

A continuación, se presenta la aplicación final del modelo multicriterio AHP a la selección y priorización de proveedores de materia prima para la Hormigonera Cotopaxi. Para ello, se presenta la estructura jerárquica del modelo de decisión, compuesta por objetivos, criterios, subcriterios y alternativas evaluadas. **Priorización de alternativas de proveedores de cemento**

Una vez obtenidas las prioridades globales de las alternativas, se elaboró un cuadro resumen para facilitar la interpretación de los resultados del método AHP. La Tabla 25 presenta la contribución de cada subcriterio en las alternativas evaluadas, mientras que la Figura 27 muestra las prioridades obtenidas y la influencia de los criterios y subcriterios en la prioridad global alcanzada por los proveedores dentro del proceso de selección.

Tabla 25. Prioridades alternativas respecto a los subcriterios

		Prioridad general de las alternativas para proveedores de cemento										
		Precio del material	Condiciones de pago	Calidad del material	Disponibilidad	Transporte	Tiempo de entrega	Flexibilidad	Permisos ambientales	Gestión de residuos	Transporte sostenible	Buenas prácticas ambientales
Alternativas	HOLCIM	0,1040	0,0460	0,0954	0,0318	0,0146	0,0449	0,0046	0,0195	0,0123	0,0060	0,0032
	UNACEM	0,0658	0,0782	0,0561	0,0187	0,0086	0,0449	0,0100	0,0195	0,0070	0,0033	0,0018
	CEMENTOS CHIMBORAZO	0,2432	0,0135	0,0165	0,0055	0,0025	0,0090	0,0016	0,0065	0,0027	0,0018	0,0010

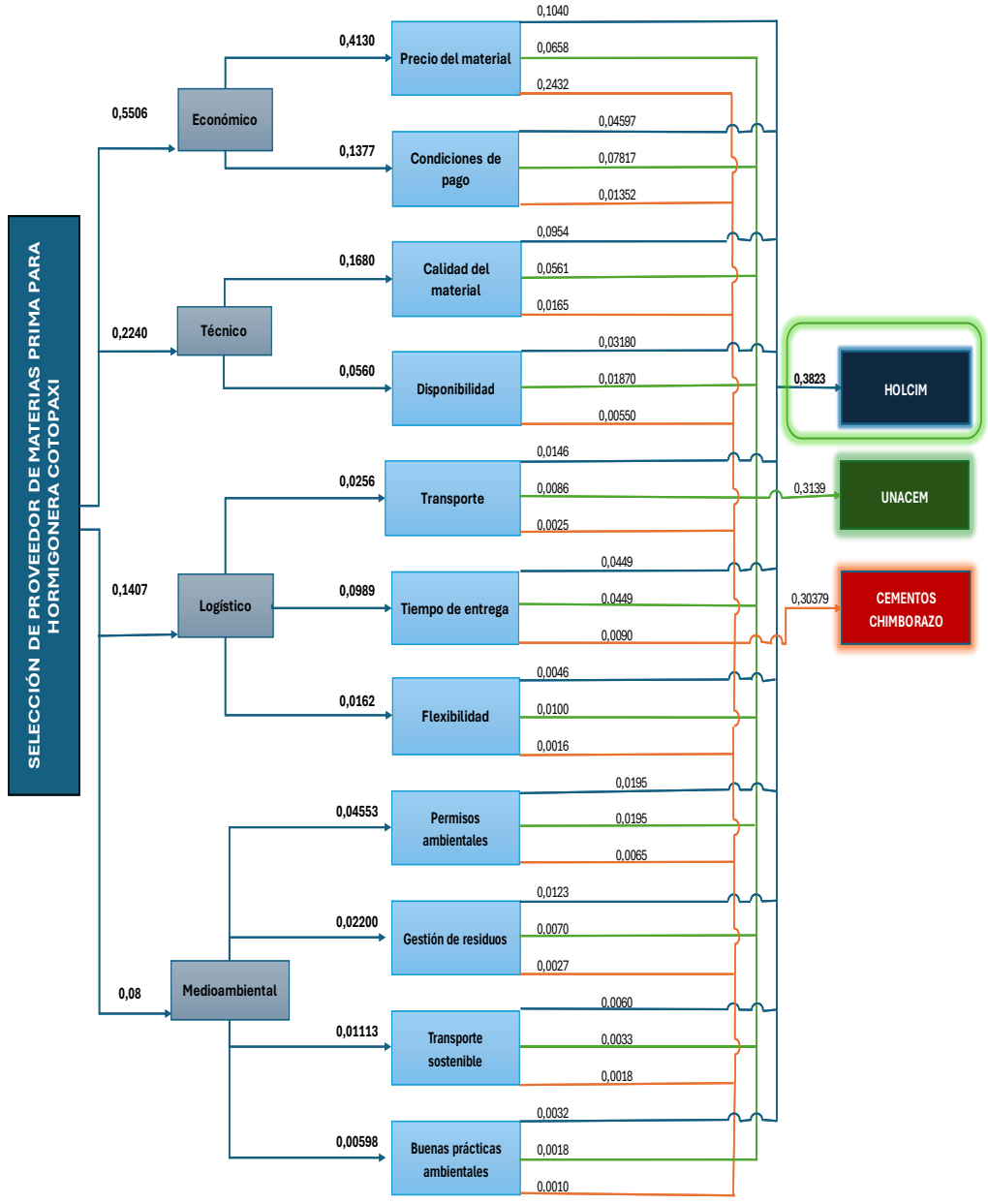


Figura 27. Prioridades del Modelo Jerárquico - proveedores de cemento

Para conocer la prioridad total de cada proveedor, se calculó la suma de los valores correspondientes a cada fila de la Tabla 25, obteniendo así el peso total de cada alternativa en relación con el objetivo de la investigación, tal como se presenta en la Tabla 26. De esta forma, es posible seleccionar al proveedor que demuestre el mejor desempeño, teniendo en cuenta los criterios económicos, técnicos, logísticos y ambientales establecidos durante el proceso de selección.

Tabla 26. Prioridad total alternativas

		Prioridad Total $\sum$***Filas***	
Alternativa	HOLCIM	0,3823	**38,23%**
	UNACEM	0,3139	31,39%
	CEMENTOS CHIMBORAZO	0,3038	30,38%

La solución presentada por el software Expert Choice en la Figura 28 corrobora los cálculos manuales desarrollados en las Tablas 25 y 26, validando las prioridades asignadas a los criterios, subcriterios y alternativas evaluadas dentro del proceso de selección de proveedores.

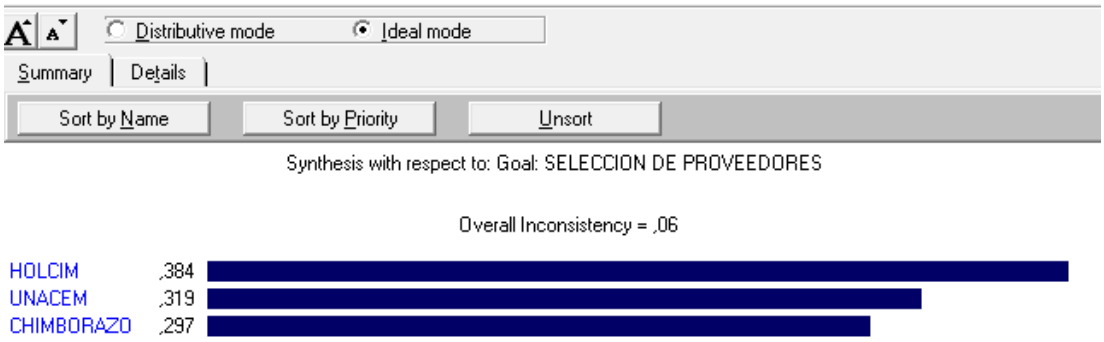


Figura 28. Alternativa óptima de selección

El software Expert Choice permite realizar análisis de sensibilidad para evaluar cómo pueden cambiar las prioridades de las alternativas a medida que varían los pesos relativos de los criterios especificados en el modelo de decisión. La Figura 28 permite visualizar el comportamiento de cada alternativa en función del peso asignado a los criterios evaluados, mientras que la barra correspondiente al apartado general que se muestra en la Figura 29 presenta el ranking global obtenido para los proveedores analizados.

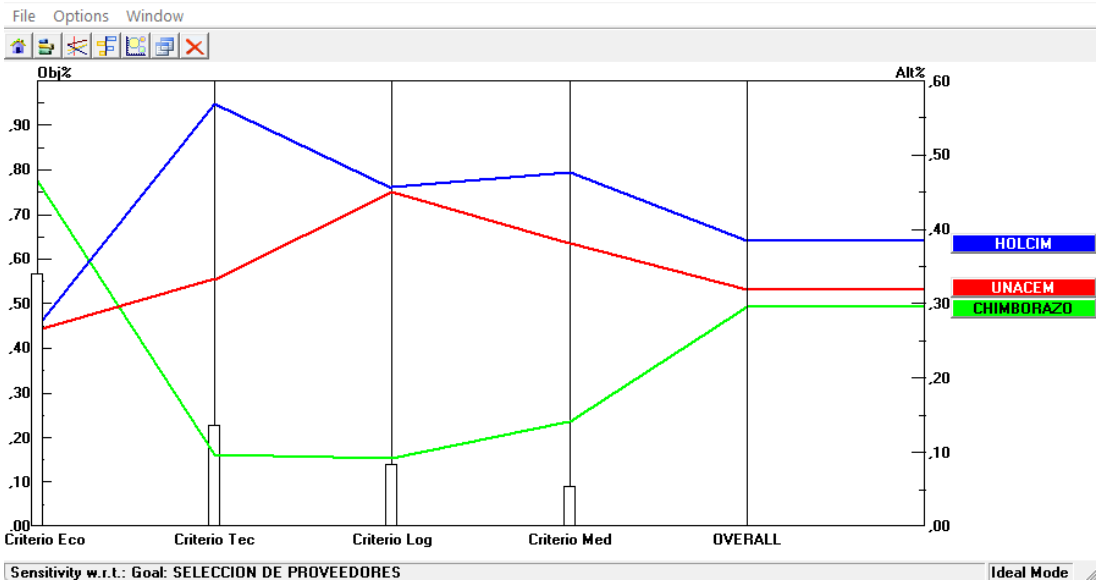


Figura 29. Sensibilidad del modelo de decisión

Como se puede observar en la Figura 29, los criterios económicos tienen la mayor importancia relativa en el proceso de selección de proveedores, con una prioridad aproximada de 0,55, lo que sugiere que factores como el precio de la materia prima y las condiciones de pago tienen la mayor influencia en la decisión final. De igual forma, Holcim Ecuador mantiene la máxima prioridad global frente a otras alternativas, aunque el valor del criterio económico es inferior al de Cementos Chimborazo, pero se destaca principalmente en los criterios técnicos y logísticos evaluados.

En contraste, UNACEM Ecuador exhibe un comportamiento competitivo en la mayoría de los criterios analizados, mientras que Cementos Chimborazo se destaca principalmente en los criterios económicos debido a los menores precios de sus materias primas.

a) Priorización de alternativas de proveedores de arena

La Tabla 27 muestra la contribución de cada subcriterio sobre las alternativas analizadas y facilita la interpretación de los resultados obtenidos dentro del modelo jerárquico planteado para la selección de proveedores de arena. De igual manera, la Figura 30 muestra de forma gráfica el modelo de decisión con sus respectivas prioridades, representando la incidencia de los criterios y subcriterios sobre cada una de las alternativas evaluadas, así como la prioridad global alcanzada por los proveedores dentro del proceso de selección.

Tabla 27. Prioridades alternativas respecto a los subcriterios

		Prioridad general de las alternativas para proveedores de arena										
		Precio del material	Condiciones de pago	Calidad del material	Disponibilidad	Transporte	Tiempo de entrega	Flexibilidad	Permisos ambientales	Gestión de residuos	Transporte sostenible	Buenas prácticas ambientales
Alternativas	ARIDOS COTOPAXI	0,1076	0,0459	0,0438	0,0051	0,0085	0,0090	0,0017	0,0152	0,0073	0,0037	0,0012
	CANTERA PANZALEO	0,0438	0,0459	0,1064	0,0255	0,0085	0,0449	0,0042	0,0152	0,0073	0,0037	0,0012
	CANTERA ILLUCHI	0,2616	0,0459	0,0178	0,0255	0,0085	0,0449	0,0102	0,0152	0,0073	0,0037	0,0036

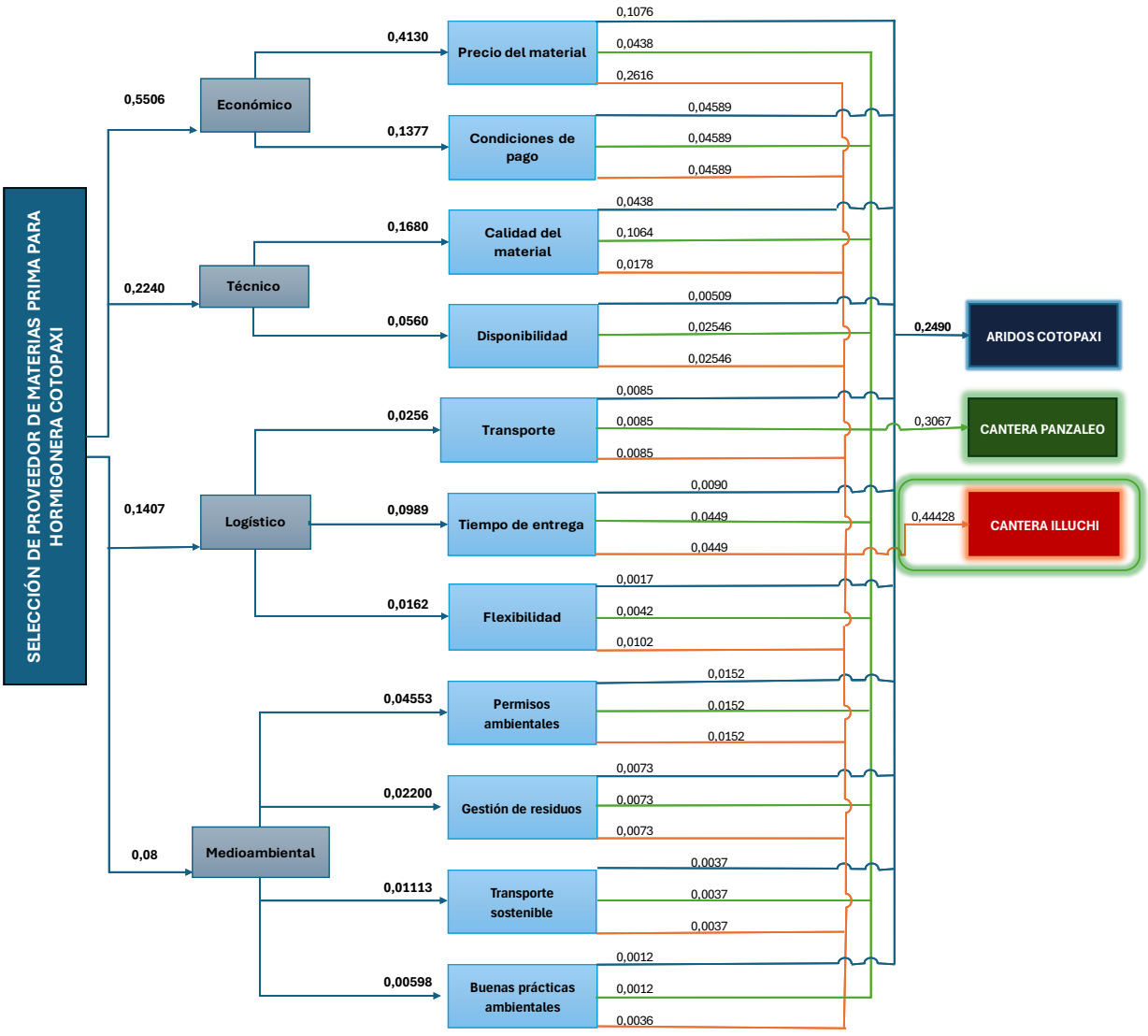


Figura 30. Prioridades del Modelo Jerárquico - proveedores de arena

Para conocer la prioridad total de cada proveedor de arena, se realizó la suma de los valores correspondientes a cada fila de la Tabla 27, obteniendo así el peso global de cada alternativa respecto al objetivo de la investigación, cuyos resultados se muestran en la Tabla 28. De esta manera, se identificó el proveedor con mejor desempeño considerando los criterios establecidos para el proceso de selección.

Tabla 28. Prioridad total alternativas

		Prioridad Total $\Sigma Filas$	
Alternativa	ARIDOS COTOPAXI	0,2490	24,90%
	CANTERA PANZALEO	0,3067	30,67%
	CANTERA ILLUCHI	0,4443	44,43%

La solución presentada por el software Expert Choice en la Figura 31 corrobora los cálculos manuales desarrollados en las Tablas 27 y 28, validando las prioridades asignadas a los criterios, subcriterios y alternativas evaluadas dentro del proceso de selección de proveedores de arena.

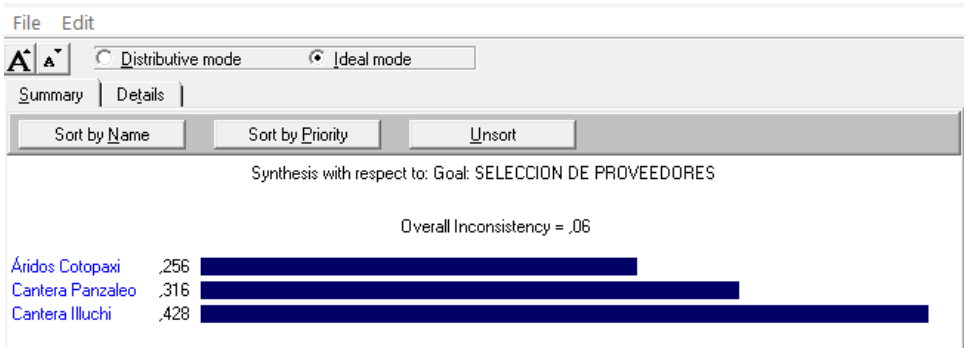


Figura 31. Alternativa óptima de selección

Como se observa en la Figura 32, el criterio económico presenta la mayor importancia relativa dentro del proceso de selección de proveedores de arena, evidenciando que factores como el precio del material y las condiciones de pago poseen mayor influencia sobre la decisión final.

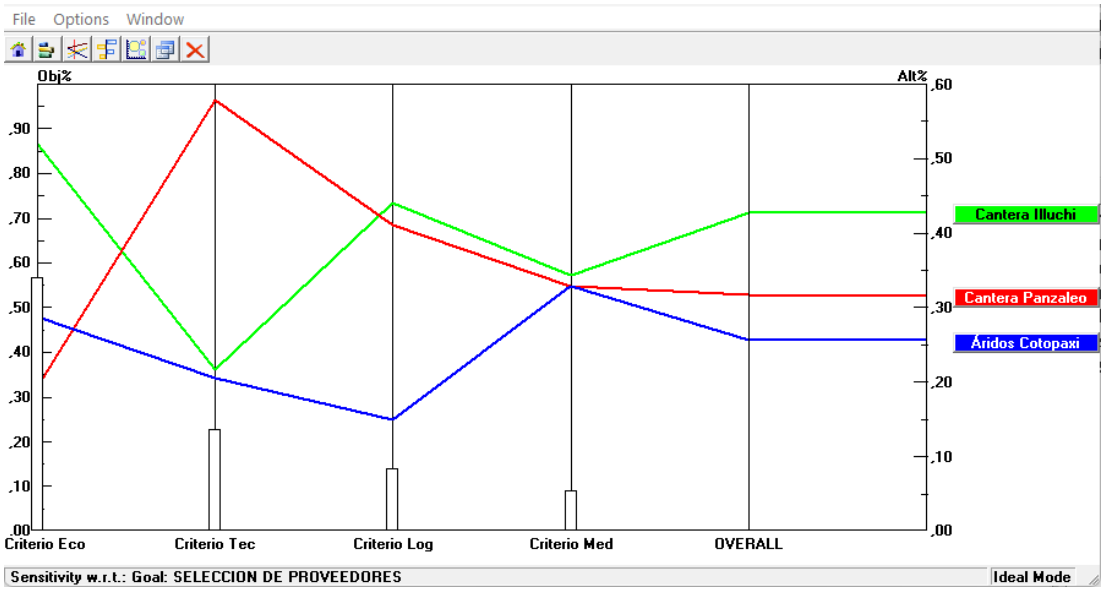


Figura 32. Sensibilidad del modelo de decisión.

En la Figura 33 se observa que Cantera Illuchi alcanza la mayor prioridad global dentro del proceso de selección de proveedores de arena, destacándose principalmente por su mejor desempeño en los criterios económicos y logísticos, especialmente en aspectos relacionados con el precio del material, el tiempo de entrega y el transporte. Asimismo, Cantera Panzaleo se posiciona como la segunda alternativa más viable, debido a sus resultados favorables en criterios técnicos como calidad del material, disponibilidad y flexibilidad operativa. Por otra parte, Áridos Cotopaxi presenta menores prioridades relativas en la mayoría de los criterios evaluados, obteniendo una menor prioridad global dentro del modelo de decisión multicriterio.

b) Priorización de alternativas de proveedores de ripio

La Tabla 29 permite visualizar la proporción de subcriterios individuales en las opciones analizadas y facilita la interpretación de los resultados obtenidos en el modelo jerárquico propuesto para la selección de proveedores compuestos. De manera similar, la Figura 33 representa gráficamente un modelo de decisión con prioridades asociadas, reflejando el impacto de los criterios y subcriterios en cada alternativa evaluada, así como la prioridad general lograda por el proveedor durante el proceso de selección.

.

Tabla 29. Prioridades alternativas respecto a los subcriterios

		Prioridad general de las alternativas para proveedores de ripio									
		Precio del material	Condiciones de pago	Calidad del material	Disponibilidad	Transporte	Tiempo de entrega	Flexibilidad	Permisos ambientales	Gestión de residuos	Transporte sostenible	Buenas prácticas ambientales
Alternativas	ARIDOS COTOPAXI	0,1076	0,0459	0,0438	0,0051	0,0085	0,0090	0,0017	0,0152	0,0073	0,0037	0,0012
	CANTERA PANZALEO	0,0438	0,0459	0,1064	0,0255	0,0085	0,0449	0,0042	0,0152	0,0073	0,0037	0,0012
	CANTERA ILLUCHI	0,2616	0,0459	0,0178	0,0255	0,0085	0,0449	0,0102	0,0152	0,0073	0,0037	0,0036

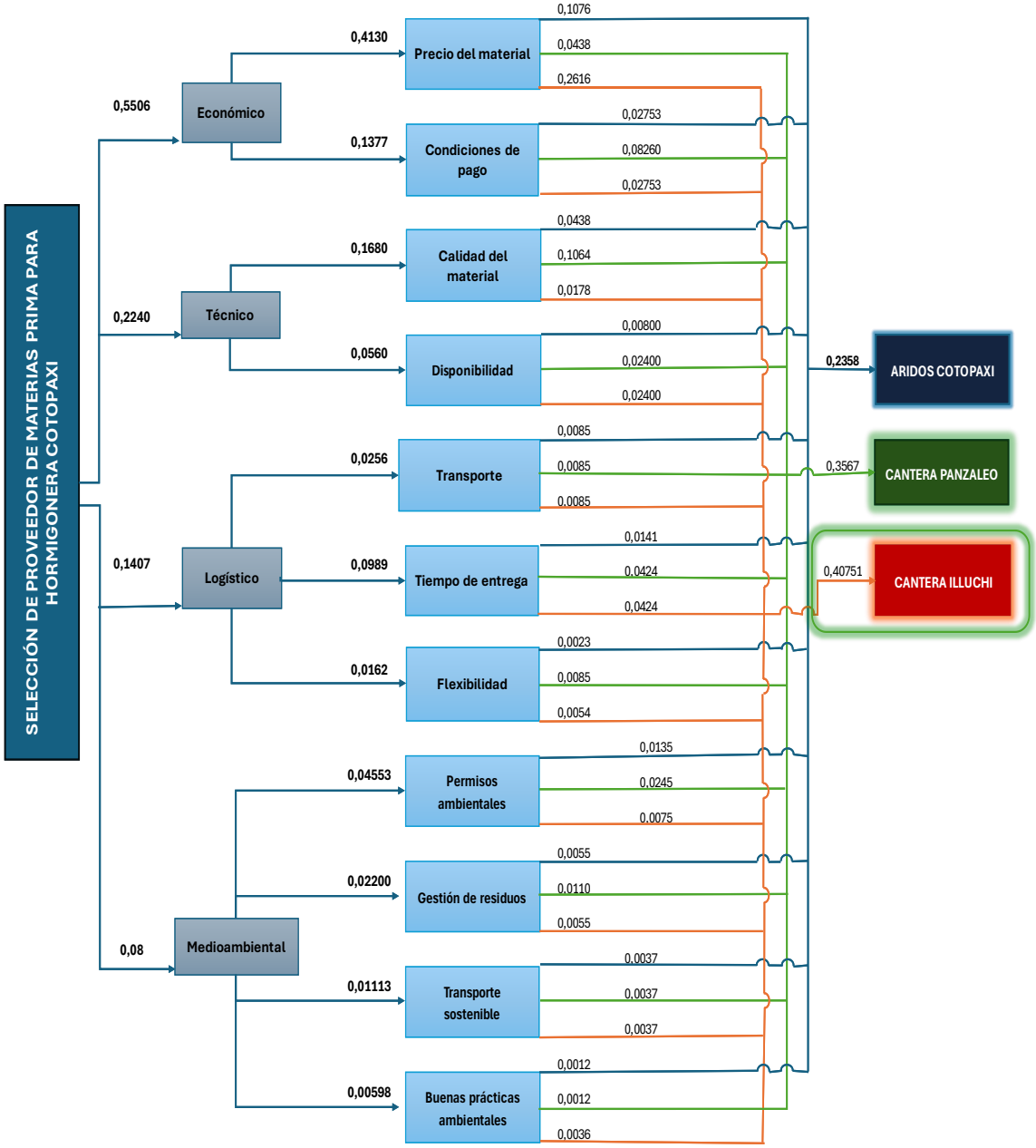


Figura 33. Prioridades del Modelo Jerárquico - proveedores de ripio.

Para conocer la prioridad total de cada proveedor de ripio, se realizó la suma de los valores correspondientes a cada fila de la Tabla 29, obteniendo así el peso global de cada alternativa respecto al objetivo de la investigación, cuyos resultados se muestran en la Tabla 30. De esta manera, se identificó el proveedor con mejor desempeño considerando los criterios establecidos para el proceso de selección.

Tabla 30. Prioridad total alternativas

		Prioridad Total $\sum$***Filas***	
Alternativa	ARIDOS COTOPAXI	0,2358	23,58%
	CANTERA PANZALEO	0,3567	35,67%
	CANTERA ILLUCHI	0,4075	40,75%

La solución presentada por el software Expert Choice en la Figura 34 corrobora los cálculos manuales desarrollados en las Tablas 29 y 30, validando las prioridades asignadas a los criterios, subcriterios y alternativas evaluadas dentro del proceso de selección de proveedores de ripio.

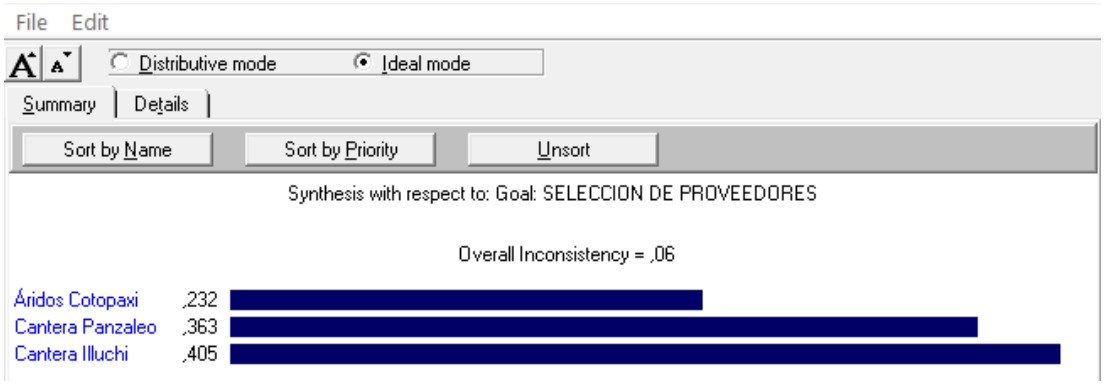


Figura 34. Alternativa óptima de selección

Como se observa en la Figura 35, el criterio económico presenta la mayor importancia relativa dentro del proceso de selección de proveedores de ripio, evidenciando que factores como el precio del material y las condiciones de pago poseen mayor influencia sobre la decisión final. Este resultado indica que la empresa prioriza variables asociadas al control del costo de adquisición, considerando que el ripio representa un insumo fundamental dentro de la producción de hormigón. Asimismo, las condiciones comerciales propuestas por los proveedores adquieren relevancia debido a su relación con la planificación financiera y la continuidad del suministro requerido para la operación de la planta.

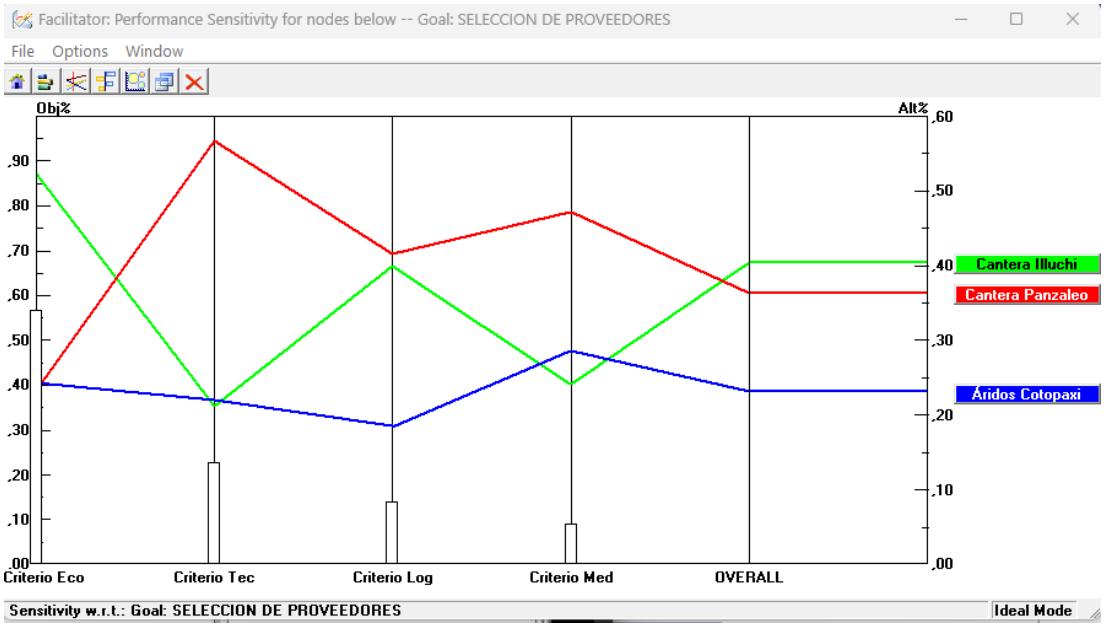


Figura 35. Sensibilidad del modelo de decisión

Como se muestra en la Figura 35, Cantera Illuchi logra la máxima prioridad global en el proceso de selección de proveedores de grava, debido al desempeño demostrado en los criterios económicos y logísticos evaluados en el modelo de decisión, distinguiéndose principalmente por aspectos relacionados con el precio de la materia prima, el tiempo de entrega y la capacidad de transporte. De manera similar, Cantera Panzaleo es una segunda alternativa viable, que demuestra un desempeño competitivo en criterios técnicos como la calidad del material, la asequibilidad y la flexibilidad operativa. Por otro lado, Áridos Cotopaxi presenta una prioridad relativamente menor en la mayoría de los criterios analizados, lo que conduce a una menor prioridad general en el proceso de selección de proveedores de grava multicriterio.

c) Priorización de alternativas de proveedores de Aditivos

La Tabla 31 muestra la contribución de cada subcriterio sobre las alternativas analizadas y facilita la interpretación de los resultados obtenidos dentro del modelo jerárquico planteado para la selección de proveedores de aditivos. De igual manera, la Figura 36 muestra de forma gráfica el modelo de decisión con sus respectivas prioridades, representando la incidencia de los criterios y subcriterios sobre cada una de las alternativas evaluadas, así como la prioridad global alcanzada por los proveedores dentro del proceso de selección.

Tabla 31. Prioridades alternativas respecto a los subcriterios

		Prioridad general de las alternativas para proveedores de aditivos										
		Precio del material	Condiciones de pago	Calidad del material	Disponibilidad	Transporte	Tiempo de entrega	Flexibilidad	Permisos ambientales	Gestión de residuos	Transporte sostenible	Buenas prácticas ambientales
Alternativas	FERRISARIATO	0,0816	0,0551	0,0275	0,0224	0,0064	0,0396	0,0065	0,0182	0,0065	0,0028	0,0018
	Centro Ferretero San Agustín	0,2026	0,0275	0,0499	0,0112	0,0064	0,0198	0,0032	0,0091	0,0036	0,0028	0,0010
	ADITEC Ecuador	0,1288	0,0551	0,0906	0,0224	0,0128	0,0396	0,0065	0,0182	0,0119	0,0056	0,0032

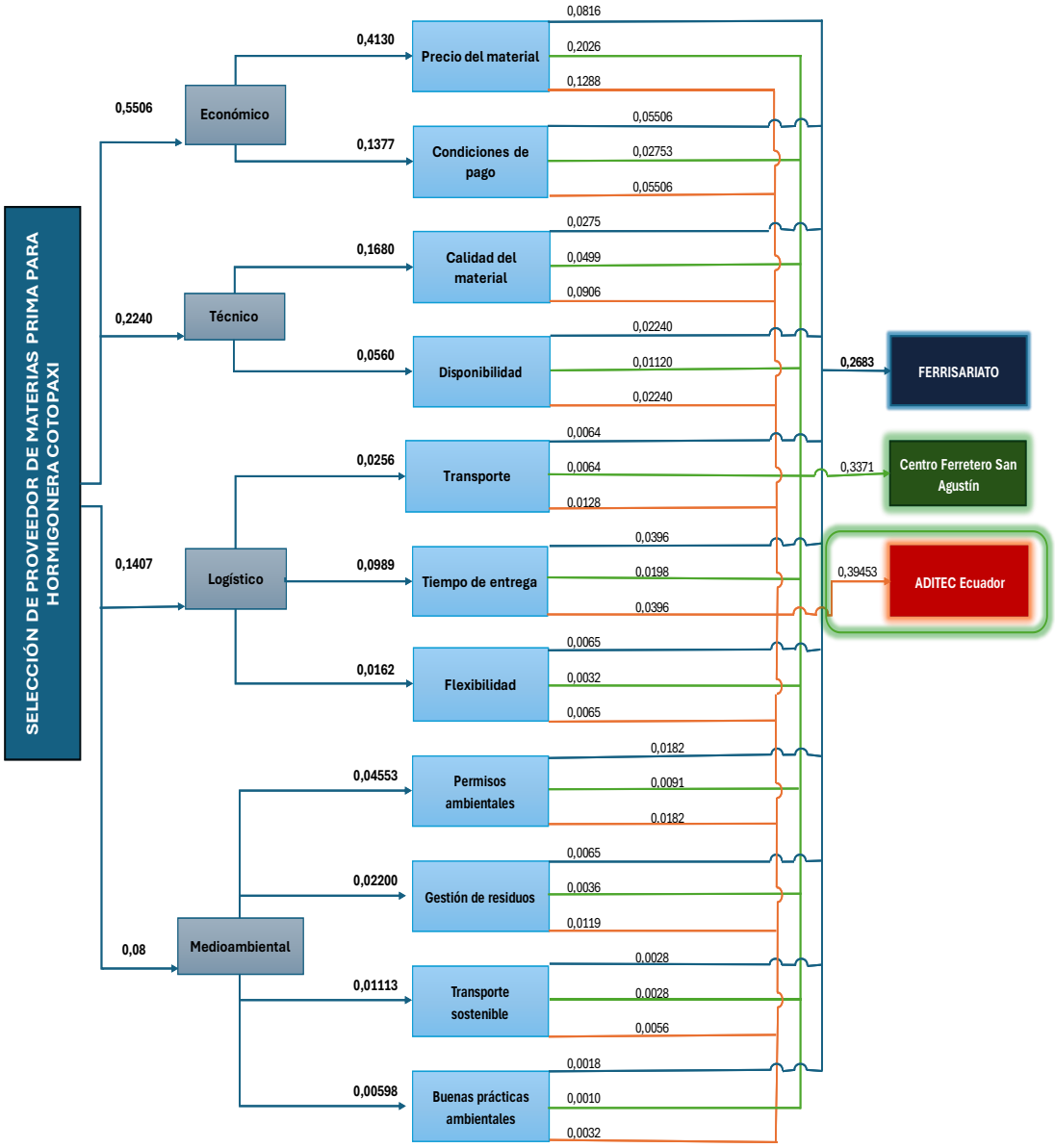


Figura 36. Prioridades del Modelo Jerárquico - proveedores de aditivos.

ara conocer la prioridad total de cada proveedor de aditivos, se realizó la suma de los valores correspondientes a cada fila de la Tabla 31, obteniendo así el peso global de cada alternativa respecto al objetivo de la investigación, cuyos resultados se muestran en la Tabla 32. De esta manera, se identificó el proveedor con mejor desempeño considerando los criterios establecidos para el proceso de selección.

Tabla 32. Prioridad total alternativas

		Prioridad Total $\sum$***Filas***	
Alternativa	FERRISARIATO	0,2683	26,83%
	Centro Ferretero San Agustín	0,3371	33,71%
	ADITEC Ecuador	0,3945	39,45%

La solución presentada por el software Expert Choice en la Figura 38 corrobora los cálculos manuales desarrollados en las Tablas 31 y 32, validando las prioridades asignadas a los criterios, subcriterios y alternativas evaluadas dentro del proceso de selección de proveedores de aditivos.

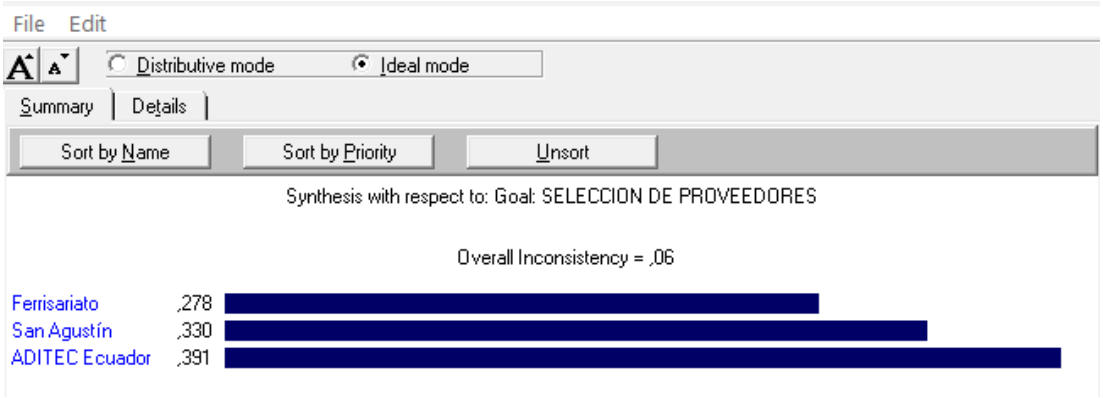


Figura 37. Alternativa óptima de selección

Como se observa en la Figura 38, el criterio económico presenta la mayor importancia relativa dentro del proceso de selección de proveedores de aditivos, evidenciando que factores como el precio del material y las condiciones de pago poseen mayor influencia sobre la decisión final. Este comportamiento refleja la relevancia de optimizar los costos asociados a la adquisición de aditivos, debido a que estos insumos intervienen en las propiedades y desempeño del hormigón, pero también representan un componente que debe ser gestionado eficientemente dentro de la estructura de costos de producción. Bajo esta perspectiva, las condiciones comerciales ofrecidas por los proveedores se convierten en un elemento determinante para mantener un equilibrio entre viabilidad económica y disponibilidad del suministro.

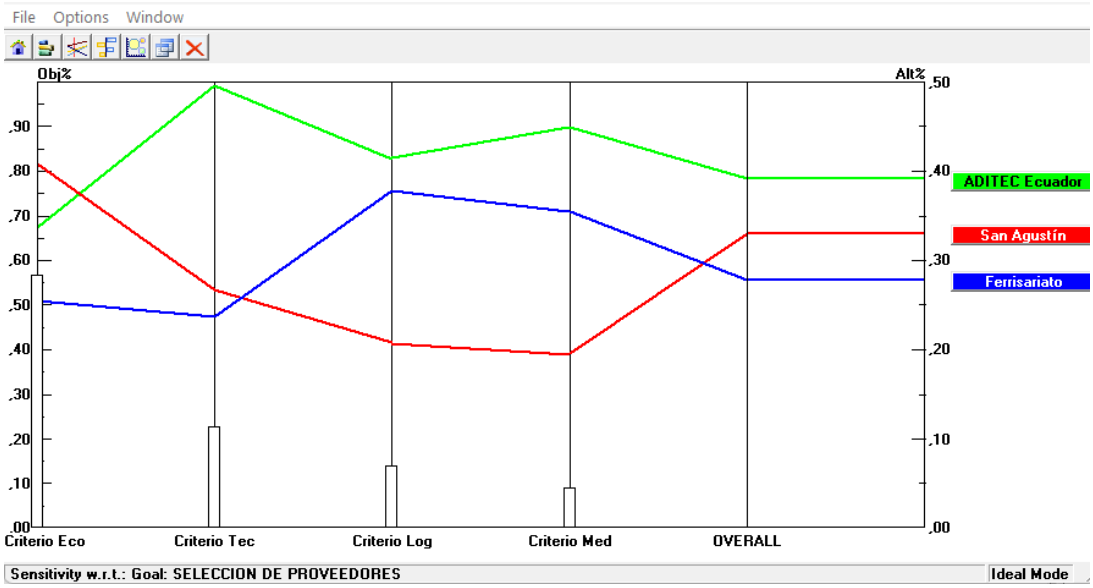


Figura 38. Sensibilidad del modelo de decisión

Como se muestra en la Figura 37 y en la Figura 38, ADITEC Ecuador logró la máxima prioridad global en el proceso de selección de proveedores de aditivos, debido a resultados favorables en términos de criterios técnicos, logísticos y ambientales, destacándose principalmente en aspectos relacionados con la calidad de la materia prima, el transporte, el manejo de residuos y las buenas prácticas ambientales. Asimismo, el Centro Ferretero San Agustín se considera una alternativa altamente competitiva, principalmente por sus ventajas en criterios económicos relacionados con los precios de las materias primas y la distancia geográfica de la planta de concreto, lo que facilita el abastecimiento y la disponibilidad inmediata de los productos. Por tal motivo, la empresa eligió al Centro Ferretero San Agustín como principal proveedor de aditivos y estableció a ADITEC Ecuador como segunda alternativa en el modelo de decisión. Por otro lado, Ferrisariato mostró una prioridad relativamente menor en algunos de los criterios evaluados en el análisis multicriterio.

d) Priorización de alternativas de proveedores de Agua

La Tabla 33 presenta la influencia de cada subcriterio sobre las alternativas evaluadas, permitiendo interpretar los resultados obtenidos en el modelo jerárquico aplicado para la selección de proveedores de agua. Asimismo, la Figura 39 representa gráficamente las prioridades del modelo de decisión, mostrando la incidencia de los criterios y subcriterios, así como la prioridad global obtenida por cada proveedor dentro del proceso de selección.

Tabla 33. Prioridades alternativas respecto a los subcriterios

		Prioridad general de las alternativas para proveedores de agua										
		Precio del material	Condiciones de pago	Calidad del material	Disponibilidad	Transporte	Tiempo de entrega	Flexibilidad	Permisos ambientales	Gestión de residuos	Transporte sostenible	Buenas prácticas ambientales
Alternativas	Agua de regadío	0,2676	0,0826	0,0240	0,0312	0,0143	0,0641	0,0098	0,0045	0,0027	0,0070	0,0018
	Sipragua Tanqueros	0,0949	0,0414	0,0480	0,0069	0,0031	0,0121	0,0019	0,0108	0,0051	0,0012	
	EMAPA-L EP Tanqueros	0,0505	0,0137	0,0960	0,0179	0,0082	0,0227	0,0044	0,0303	0,0143	0,0029	0,0032

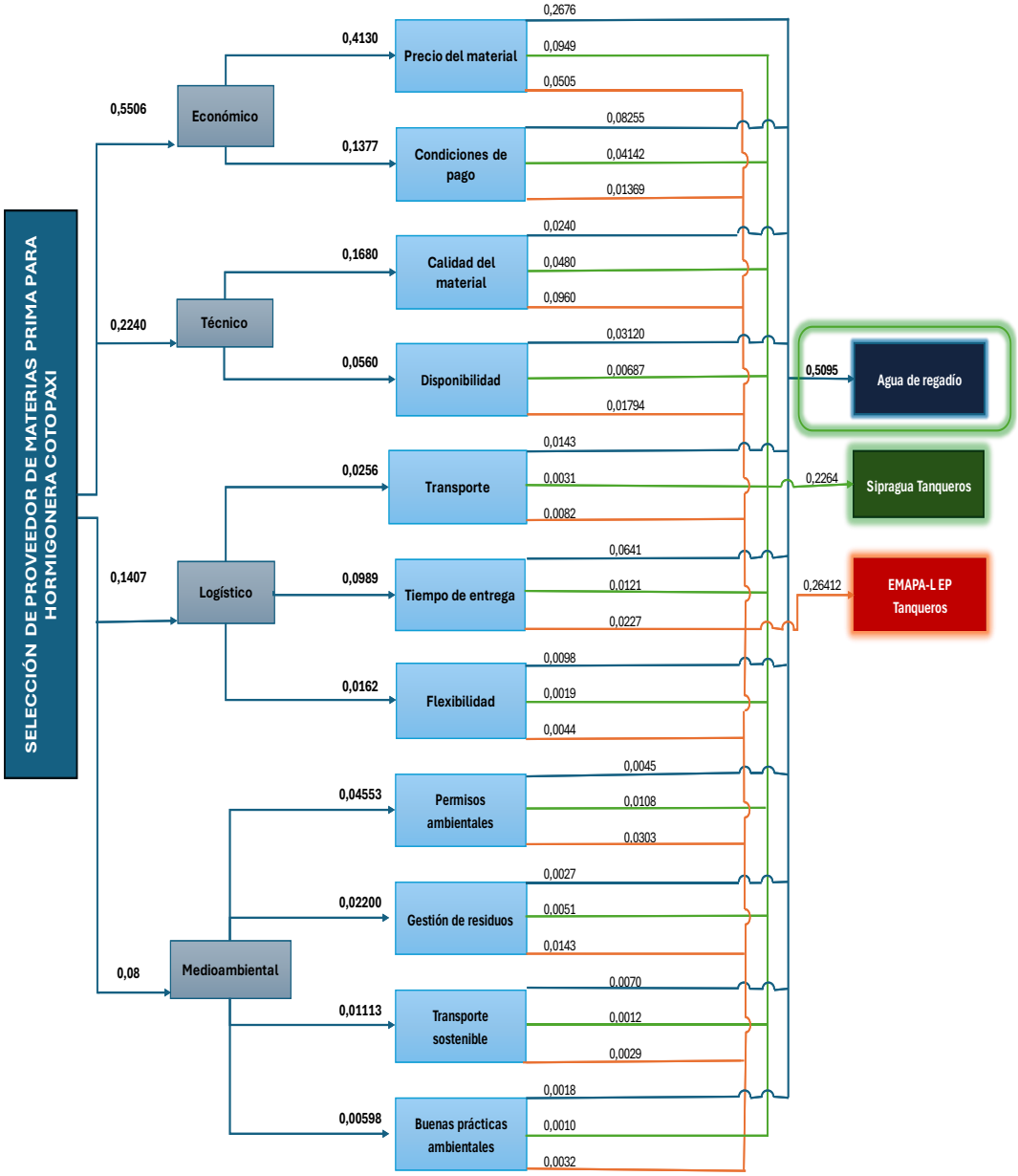


Figura 39. Prioridades del Modelo Jerárquico - proveedores de agua.

Para determinar la prioridad general de cada proveedor de agua, se sumaron los valores correspondientes a cada fila de la Tabla 33, obteniendo así el peso total de cada opción en relación con los objetivos de la investigación, cuyos resultados se presentan en la Tabla 34. Esta determinó el proveedor con mejor desempeño, tomando en cuenta los criterios establecidos durante el proceso de selección.

Tabla 34. Prioridad total alternativas

		Prioridad Total $\sum Filas$	
Alternativa	Agua de regadío	0,5095	50,95%
	Sipragua Tanqueros	0,2264	22,64%
	EMAPA-L EP Tanqueros	0,2641	26,41%

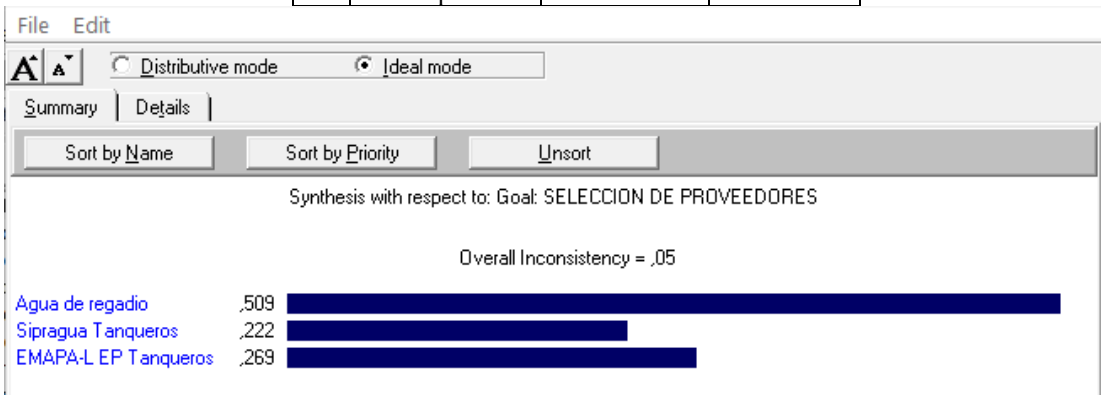


Figura 40. Alternativa óptima de selección

Como se observa en la Figura 41, el criterio económico presenta la mayor importancia relativa dentro del proceso de selección de proveedores de agua, evidenciando que factores como el precio del material y las condiciones de pago poseen mayor influencia sobre la decisión final. Este resultado refleja que, dentro del modelo multicriterio aplicado, los aspectos económicos constituyen el principal factor de decisión, debido a su impacto directo en los costos operativos de la Hormigonera Cotopaxi. En este sentido, la optimización del gasto en la adquisición del agua se convierte en un elemento clave para garantizar la eficiencia del proceso productivo y la sostenibilidad financiera de la empresa. Asimismo, se evidencia que la priorización de este criterio responde a la necesidad de mantener un equilibrio entre calidad y costo, sin comprometer la continuidad del abastecimiento.

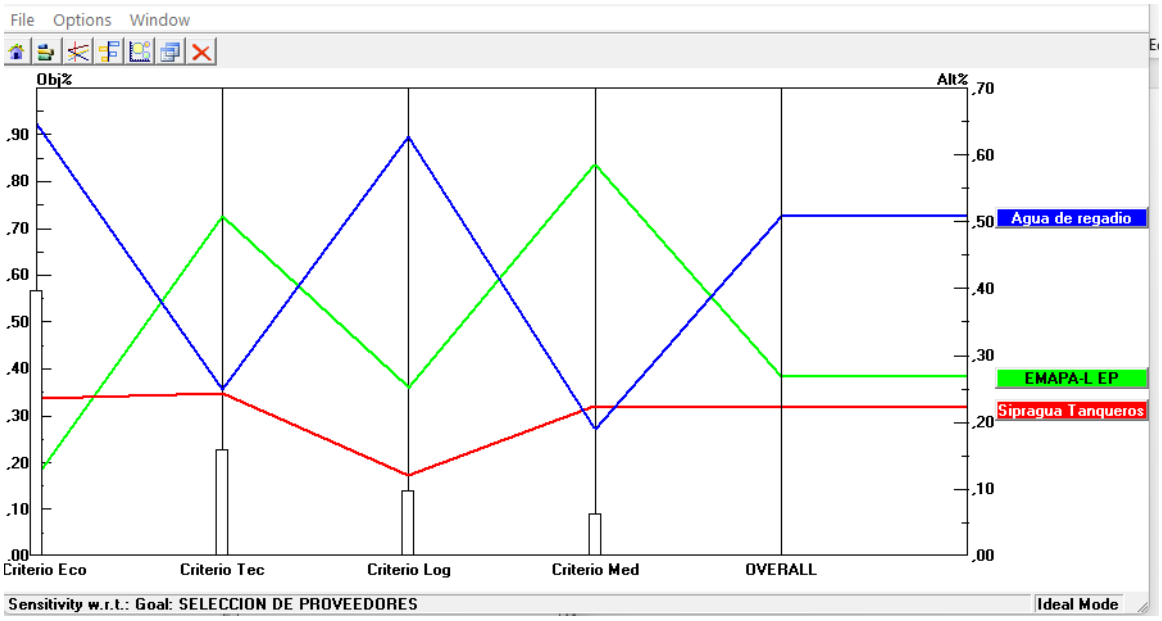


Figura 41. Sensibilidad del modelo de decisión

Como se muestra en la Figura 40 y en la Figura 41, el agua de riego tiene la máxima prioridad global en el proceso de selección de proveedores de agua, debido al desempeño favorable logrado principalmente en criterios económicos y logísticos, destacando aspectos relacionados con el costo, la disponibilidad y el tiempo de entrega del recurso. De igual forma, EMAPA-L EP Tanqueros se posiciona como una alternativa altamente competitiva, principalmente por su destacado desempeño en criterios técnicos y ambientales relacionados con la calidad del agua, los permisos ambientales y el manejo de residuos. Sin embargo, debido a las condiciones económicas y de suministro de agua de la planta de concreto, la empresa eligió el suministro de agua de riego como opción principal y a EMAPA-L EP Tanqueros como opción secundaria en el modelo de decisión. Por otro lado, Sipragua Tanqueros mostró una prioridad relativamente menor en algunos de los criterios evaluados en el análisis multicriterio.

Como se observa en la Figura 42, el agua de regadío alcanza la mayor prioridad global dentro del proceso de selección de proveedores de agua, debido al desempeño favorable obtenido principalmente en criterios económicos y logísticos, destacándose en aspectos relacionados con el costo del recurso, la disponibilidad y el tiempo de entrega. Asimismo, EMAPA-L EP Tanqueros se posiciona como una alternativa altamente competitiva, principalmente por su mejor desempeño en criterios técnicos y medioambientales relacionados con la calidad del agua, los permisos ambientales y

la gestión de residuos. Sin embargo, debido a las condiciones económicas y de abastecimiento requeridas por la planta hormigonera, la empresa opta por seleccionar el abastecimiento mediante agua de regadío como alternativa principal, mientras que EMAPA-LEP Tanqueros se establece como segunda alternativa dentro del modelo de decisión. Por otra parte, Sipragua Tanqueros presenta menores prioridades relativas en varios de los criterios evaluados dentro del análisis multicriterio.

3.7.9 Consolidación de proveedores seleccionados

Una vez obtenidas las prioridades globales de las alternativas evaluadas mediante el método AHP, se realizó la consolidación de los proveedores seleccionados para cada materia prima utilizada en el proceso productivo de la planta hormigonera. Este análisis permitió establecer una comparación entre los proveedores actualmente empleados por la empresa y las nuevas alternativas consideradas dentro del modelo de decisión multicriterio, identificando las opciones con mayor nivel de preferencia según los criterios definidos.

Los resultados obtenidos evidencian que algunos proveedores actuales mantienen una posición favorable dentro del modelo, como es el caso de Holcim Ecuador para el suministro de cemento y el agua de regadío para el abastecimiento de agua, debido principalmente a su desempeño en factores económicos, técnicos y logísticos. Estos resultados reflejan que la permanencia de ciertos proveedores dentro del sistema actual se encuentra relacionada con su capacidad de cumplir con los requerimientos operativos de la planta y garantizar la disponibilidad de las materias primas necesarias.

Por otra parte, para materias primas como arena y grava se identificaron diferencias entre las alternativas evaluadas y los proveedores utilizados previamente por la empresa, destacando a Cantera Illuchi como la alternativa con mayor prioridad global por su desempeño en precio, disponibilidad y tiempo de entrega. Para el suministro de aditivos, ADITEC Ecuador obtuvo la mayor prioridad dentro del modelo; sin embargo, Centro Ferretero San Agustín representa una opción competitiva por su cercanía geográfica y capacidad de entrega inmediata. En consecuencia, los resultados evidencian que la selección de proveedores mediante AHP considera no solo factores económicos, sino también variables técnicas, logísticas y ambientales que influyen en la eficiencia del abastecimiento.

Tabla 35. Consolidación y contraste de proveedores seleccionados

Materia prima	Proveedor actual	Prioridad global proveedor actual	Alternativa con mayor prioridad global	Prioridad global alternativa seleccionada	Contraste y análisis del resultado	Proveedor considerado por la empresa
Cemento	Holcim Ecuador	38,23%	Holcim Ecuador	38,23%	El análisis multicriterio confirma que el proveedor actualmente utilizado por la empresa mantiene el mejor desempeño global, destacándose principalmente en criterios técnicos y logísticos frente a las demás alternativas evaluadas.	Holcim Ecuador
Arena	Cantera Panzaleo	30,67%	Cantera Illuchi	44,43%	Los resultados evidencian que la alternativa propuesta presenta una mayor prioridad global respecto al proveedor actualmente utilizado, principalmente por ventajas relacionadas con el precio del material, disponibilidad y tiempo de entrega.	Cantera Illuchi
Ripio	Cantera Panzaleo	35,67%	Cantera Illuchi	40,75%	El modelo de decisión muestra que la alternativa evaluada supera al proveedor actual en criterios económicos y logísticos, permitiendo identificar una opción de abastecimiento más favorable para la empresa.	Cantera Illuchi
Aditivos	Ferrisariato	26,83%	ADITEC Ecuador	39,45%	Aunque la alternativa propuesta alcanza la mayor prioridad global debido a su desempeño técnico y medioambiental, la empresa considera más conveniente seleccionar a Centro Ferretero San Agustín debido a su cercanía geográfica y facilidad de abastecimiento inmediato.	Centro Ferretero San Agustín
Agua	Agua de regadío	50,95%	Agua de regadío	50,95%	El abastecimiento actual mantiene la mayor prioridad global dentro del modelo de decisión, principalmente por las ventajas obtenidas en criterios económicos y logísticos relacionados con el costo y disponibilidad del recurso.	Agua de regadío

Para mejorar la gestión y el control de los suministros de materias primas, se ha propuesto clasificar a los proveedores en función de las prioridades globales alcanzadas en un modelo AHP multicriterio. Esta clasificación permite establecer diferentes niveles de importancia y tratamiento para cada proveedor en el proceso de contratación, teniendo en cuenta el desempeño del proveedor en relación con los criterios económicos, técnicos, logísticos y ambientales evaluados. De esta manera, la empresa podrá identificar proveedores estratégicos, secundarios y alternativos, lo que facilitará la toma de decisiones y minimizará los riesgos relacionados con el suministro de materias primas necesarias para la producción de concreto.

Tabla 36. Consolidación y contraste de proveedores seleccionados

Clasificación	**Tipo de proveedor**	**Descripción de gestión y tratamiento**
Tipo A	Proveedores estratégicos	Corresponde a los proveedores con mayor prioridad global dentro del modelo de decisión y que poseen mayor influencia sobre la continuidad operativa de la planta hormigonera. Estos proveedores serán considerados como principales dentro del proceso de abastecimiento, manteniendo un seguimiento constante en aspectos relacionados con calidad, disponibilidad, tiempos de entrega y cumplimiento de condiciones comerciales.
Tipo B	Proveedores secundarios	Incluye a los proveedores que presentan un desempeño competitivo dentro del modelo multicriterio y que pueden ser utilizados como alternativas de respaldo frente a posibles inconvenientes con los proveedores principales. Su gestión contempla evaluaciones periódicas y coordinación operativa para asegurar capacidad de respuesta ante variaciones en la demanda o contingencias de abastecimiento.
Tipo C	Proveedores alternativos	Comprende a los proveedores con menor prioridad global dentro del análisis realizado. Estos proveedores podrán ser considerados únicamente en situaciones específicas o emergencias operativas, cuando exista desabastecimiento, limitaciones logísticas o incumplimientos por parte de los proveedores principales y secundarios.

Tabla 37. Clasificación propuesta de proveedores seleccionados

Materia prima	Tipo A	Tipo B	Tipo C
Cemento	Holcim Ecuador	UNACEM Ecuador	Cementos Chimborazo
Arena	Cantera Illuchi	Cantera Panzaleo	Áridos Cotopaxi
Ripio	Cantera Illuchi	Cantera Panzaleo	Áridos Cotopaxi
Aditivos	Centro Ferretero San Agustín	ADITEC Ecuador	Ferrisariato
Agua	Agua de regadío	EMAPA-L EP Tanqueros	Sipragua Tanqueros

3.7.10 Propuesta de procedimiento para la selección y evaluación de proveedores

Para mejorar el proceso de abastecimiento de materia prima en la planta de concreto, se establece en el método AHP un proceso formal de selección, evaluación y seguimiento de proveedores propuestos con base en criterios económicos, técnicos, logísticos y ambientales. La propuesta pretende estandarizar el proceso de toma de decisiones en materia de compra de materias primas, lo que permitirá mejorar el control sobre los proveedores y garantizar condiciones adecuadas de calidad, disponibilidad y continuidad del suministro.

El procedimiento planteado contempla etapas relacionadas con la identificación de requerimientos, definición de criterios, análisis de alternativas, selección del proveedor con mayor prioridad global y seguimiento de su desempeño. Esta estructura permite que la elección de proveedores se realice bajo un enfoque sistemático, reduciendo la dependencia de criterios subjetivos y proporcionando una base técnica para la gestión del abastecimiento de la planta.

Además, la aplicación de este procedimiento permitirá mantener un control periódico sobre las condiciones de suministro y facilitar la incorporación de nuevas alternativas conforme evolucionen las necesidades operativas de la organización. De esta manera, se fortalece la gestión de compras y se contribuye a una mayor eficiencia en la disponibilidad de materias primas.

PROCEDIMIENTO PROPUESTO PARA LA SELECCIÓN Y EVALUACIÓN MULTICRITERIO DE PROVEEDORES

a) Objetivo del procedimiento

Establecer un procedimiento técnico, estructurado y estandarizado para la selección, evaluación, aprobación y seguimiento de proveedores de materias primas utilizadas en la producción de hormigón, integrando criterios económicos, técnicos, logísticos y medioambientales previamente ponderados mediante el método multicriterio AHP (Analytic Hierarchy Process), con el fin de optimizar la toma de decisiones en el proceso de abastecimiento de la planta hormigonera.

b) Alcance

Este proceso cubre todo el proceso de gestión de proveedores de materias primas (cemento, arena, grava, aditivos y agua), desde la determinación de los requisitos de suministro hasta la evaluación continua del desempeño de los proveedores. Incluye las etapas de selección, evaluación multicriterio, aceptación, recepción de material y reevaluación periódica.

c) Responsables del procedimiento

Tabla 38. Responsables del proceso de evaluación de proveedores

Área / Responsable	Función dentro del procedimiento	Herramientas de apoyo
Gerencia	Aprobación final de proveedores y decisiones estratégicas de compra	Reporte AHP, dashboard de indicadores
Departamento de Compras	Solicitud de cotizaciones, recopilación de información y gestión del proceso	Formatos de cotización, Excel de comparación, sistema ERP
Producción	Validación técnica y control de calidad del material	Fichas técnicas, checklist de calidad, normas INEN
Bodega	Recepción, verificación de cantidades y estado del material	Guía de remisión, checklist de recepción, Kardex
Contabilidad	Validación de condiciones de pago y documentación financiera	Facturas, órdenes de compra, control de cuentas por pagar

d) Descripción del procedimiento

1. Identificación de la necesidad de abastecimiento

El área de producción determina la necesidad de adquisición de materia prima en función del plan de producción, niveles de inventario y consumo histórico.

2. Herramientas utilizadas:

- Sistema de control de inventarios (Kardex o ERP)
- Historial de consumo mensual
- Punto de reorden
- Formato interno de requisición de materiales

3. Solicitud y recopilación de información de proveedores

El departamento de compras solicita cotizaciones y documentación técnica a los proveedores potenciales.

3.1 Información requerida:

- Precio unitario
- Condiciones de pago
- Tiempo de entrega
- Capacidad de abastecimiento
- Transporte
- Certificaciones de calidad y ambientales

3.2 Herramientas utilizadas:

- Formato de solicitud de cotización
- Plantilla comparativa en Excel
- Correo institucional
- Base de datos de proveedores

4 Evaluación de proveedores mediante metodología AHP

Los proveedores son evaluados mediante el modelo multicriterio AHP, utilizando los criterios: económico, técnico, logístico y medioambiental, previamente estructurados en una jerarquía de decisión.

4.1 Herramientas utilizadas:

- Software Expert Choice
- Matriz de comparación por pares (Saaty)
- Escala fundamental de 1–9
- Hoja de cálculo en Excel para validación de consistencia (CR)
- Jerarquización de criterios y subcriterios

5. Priorización y clasificación de proveedores

Se determina la prioridad global de cada proveedor a partir de los pesos obtenidos en el AHP, estableciendo una clasificación estratégica.

5.1 Herramientas utilizadas:

- Ranking de proveedores en Excel
- Gráficos de barras de priorización
- Análisis de sensibilidad
- Dashboard de decisión multicriterio

6. Clasificación:

- Tipo A: Proveedores estratégicos
- Tipo B: Proveedores secundarios
- Tipo C: Proveedores de contingencia

7. Selección y aprobación del proveedor

La gerencia evalúa los resultados del análisis AHP y aprueba los proveedores seleccionados según su alineación con los objetivos operativos de la empresa.

7.1 Herramientas utilizadas:

- Reporte final AHP
- Acta de aprobación de proveedores
- Matriz de decisión final
- Flujo de aprobación digital (ERP o Bizagi)

8. Recepción e inspección del material

El área de bodega y producción realiza la verificación del material recibido en planta.

8.1 Aspectos evaluados:

- Cantidad recibida
- Calidad del material
- Cumplimiento de especificaciones técnicas
- Tiempo de entrega
- Documentación de respaldo

8.2 Herramientas utilizadas:

- Checklist de inspección de recepción
- Guía de remisión
- Normas técnicas INEN
- Registro fotográfico
- Sistema de control de inventario

9. Seguimiento y reevaluación de proveedores

Se realiza el monitoreo continuo del desempeño de los proveedores para garantizar la mejora continua del sistema de abastecimiento.

9.1 Indicadores evaluados:

- Cumplimiento de entregas (%)
- Calidad del material
- Variación de precios
- Capacidad de abastecimiento
- Cumplimiento ambiental

9.2 Herramientas utilizadas:

- KPI de proveedores
- Evaluación semestral en Excel
- Historial de desempeño
- Reaplicación del modelo AHP

10. Clasificación propuesta de proveedores

Tabla 39. Clasificación de proveedores según prioridad global

Clasificación	Descripción
Tipo A	Proveedores estratégicos con mayor prioridad dentro del abastecimiento, considerados clave para la operación continua
Tipo B	Proveedores alternativos que funcionan como respaldo operativo ante variaciones de demanda o fallas del principal proveedor
Tipo C	Proveedores de contingencia utilizados únicamente en casos de emergencia o desabastecimiento

11. Beneficios de la propuesta

La implementación del presente procedimiento permitirá:

- Estandarizar el proceso de selección y evaluación de proveedores bajo un enfoque técnico y cuantitativo.
- Mejorar la toma de decisiones mediante el uso del método AHP.
- Reducir el riesgo de desabastecimiento de materias primas.
- Integrar criterios económicos, técnicos, logísticos y ambientales en un solo modelo de decisión.
- Implementar un sistema de seguimiento continuo basado en indicadores de desempeño (KPI).
- Fortalecer la eficiencia operativa y la continuidad productiva de la planta hormigonera.
- Facilitar la trazabilidad y auditoría del proceso de compras.

12. Diagrama del proceso de selección de proveedores

Con el fin de facilitar la comprensión de la propuesta de mejora en el proceso de selección de proveedores, se recomienda al lector guiarse en el diagrama de flujo que se presenta en la Figura 42 del nuevo esquema de compras. Este diagrama permite visualizar de manera secuencial y ordenada las etapas que conforman el proceso, desde la identificación de proveedores hasta su clasificación final.

A través de esta representación gráfica, se puede observar cómo se integran los criterios de evaluación establecidos en el modelo, así como la interacción entre cada una de las fases del proceso. De esta manera, el lector podrá comprender de forma clara la lógica operativa de la propuesta, la cual se orienta a una toma de decisiones más estructurada, objetiva y basada en criterios técnicos, económicos, logísticos y ambientales.

En este sentido, se invita a seguir el flujo presentado en el esquema para una mejor interpretación de la metodología aplicada en la selección de proveedores dentro de la empresa.

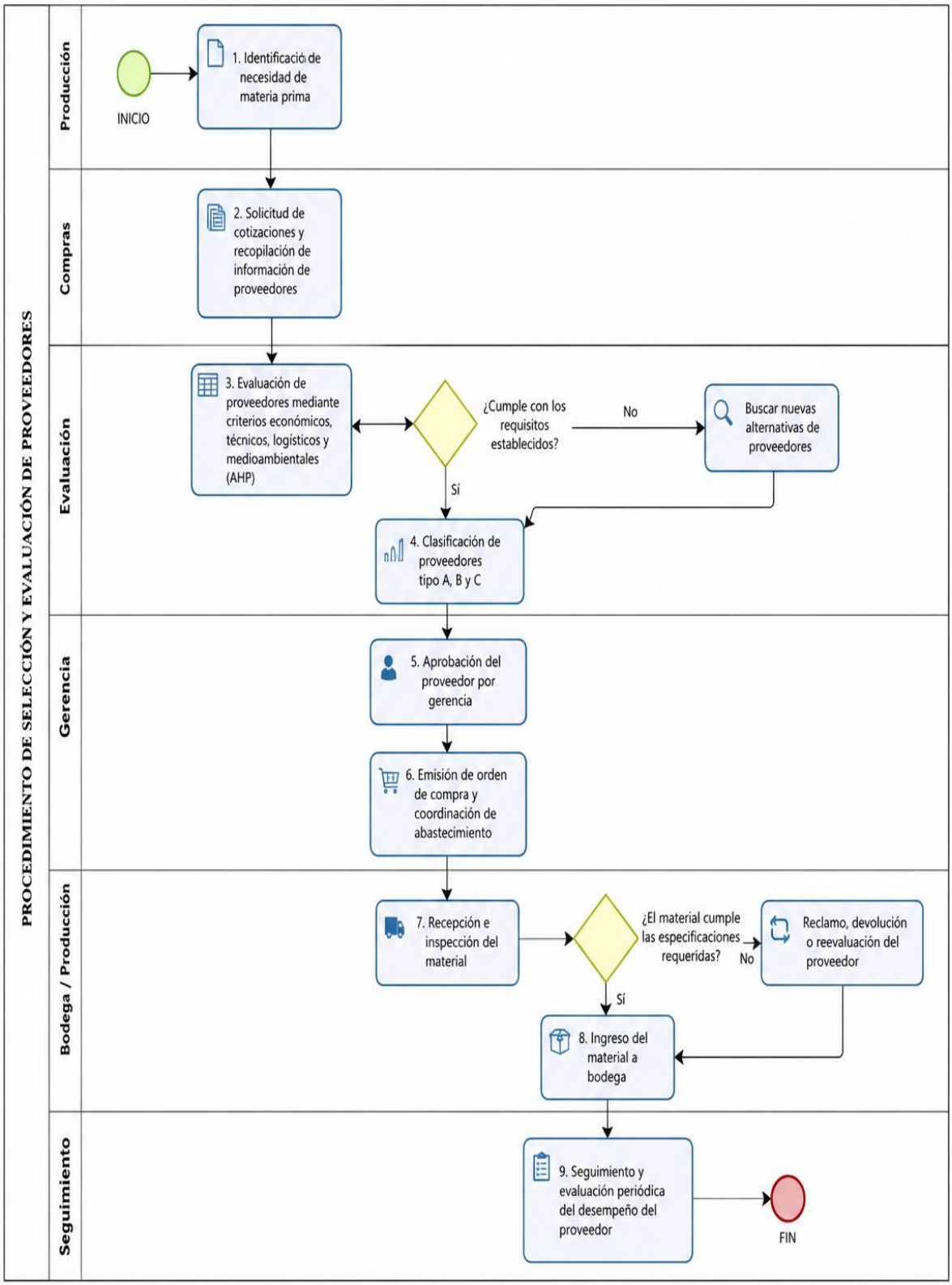


Figura 42. Proceso propuesto de selección de proveedores

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

El análisis del proceso de abastecimiento actual permitió identificar que la Hormigonera Cotopaxi realizaba la selección de proveedores principalmente considerando factores económicos y disponibilidad inmediata, limitando una evaluación integral del desempeño de las alternativas existentes. Esta situación generaba dependencia de criterios subjetivos y riesgos asociados al abastecimiento de materias primas, evidenciando la necesidad de implementar una metodología técnica que fortalezca la gestión de compras.

La aplicación del método Analytic Hierarchy Process (AHP) permitió estructurar un modelo multicriterio para la selección de proveedores, integrando factores económicos, técnicos, logísticos y medioambientales. Los resultados determinaron que el criterio económico presenta la mayor influencia dentro del proceso de decisión, seguido por los criterios técnico, logístico y medioambiental, demostrando que la selección de proveedores no depende únicamente del costo, sino del equilibrio entre capacidad de suministro, desempeño operativo y cumplimiento ambiental. Dentro de los subcriterios evaluados, el precio del material, la calidad, la flexibilidad operativa y los permisos ambientales representan factores relevantes en la priorización de alternativas.

Los resultados de la priorización de proveedores permitieron identificar las alternativas con mejor desempeño global para cada materia prima. Holcim Ecuador mantiene una posición favorable para el suministro de cemento debido a su capacidad de respuesta, calidad del material y condiciones logísticas. Para arena y ripio, Cantera Illuchi presenta mejores condiciones de abastecimiento frente a los proveedores evaluados, destacándose en aspectos relacionados con precio, disponibilidad y tiempos de entrega. En aditivos, ADITEC Ecuador obtiene el mejor desempeño dentro del modelo multicriterio, mientras que Centro Ferretero San Agustín representa una alternativa operativa por su cercanía y capacidad de entrega inmediata. Finalmente, el

abastecimiento mediante agua de regadío mantiene condiciones favorables debido a sus características económicas y logísticas.

Luego de aplicar el modelo de selección de proveedores basado en el método AHP, se optimiza el proceso de abastecimiento mediante una estrategia de evaluación multicriterio que mejora la identificación, evaluación y selección de proveedores de materias primas. Esta metodología permite seleccionar alternativas previamente analizadas bajo condiciones económicas, técnicas, logísticas y ambientales, reduciendo actividades que no generan valor como búsquedas constantes, negociaciones repetitivas, inspecciones adicionales y seguimiento permanente del suministro. De esta manera, la empresa disminuye la incertidumbre en la adquisición de materias primas, mejora la planificación del abastecimiento y fortalece la continuidad del proceso productivo mediante proveedores confiables con condiciones de calidad, disponibilidad y cumplimiento previamente evaluadas.

La incorporación del criterio medioambiental dentro del modelo AHP fortalece la gestión de abastecimiento al considerar aspectos como permisos ambientales, gestión de residuos, transporte sostenible y buenas prácticas ambientales. Aunque presenta una menor prioridad relativa frente a los criterios económicos, técnicos y logísticos, su integración resulta fundamental debido a que cualquier variación en el desempeño ambiental de un proveedor influye en la prioridad global obtenida dentro del modelo. Por lo tanto, un proveedor con deficiencias en cumplimiento ambiental puede disminuir su valoración integral, afectando su posición dentro del proceso de selección. Esto permite que la empresa considere no solo eficiencia económica y operativa, sino también responsabilidad ambiental y cumplimiento normativo como elementos necesarios para una cadena de suministro sostenible.

El diseño del Procedimiento de Selección y Evaluación de Proveedores constituye el principal aporte técnico de la investigación, debido a que proporciona una herramienta estandarizada, objetiva y orientada a la mejora continua. Su aplicación fortalece la toma de decisiones de compra, mejora la gestión de proveedores y establece una base técnica para futuras evaluaciones dentro de la Hormigonera Cotopaxi.

4.2 Recomendaciones

Como parte de las oportunidades de mejora identificadas en el proceso de abastecimiento, se plantea la aplicación del procedimiento de selección y evaluación de proveedores desarrollado en este estudio como una herramienta de apoyo para fortalecer la gestión de compras en la Hormigonera Cotopaxi. La utilización de una clasificación por niveles de desempeño (Tipo A, B y C) permitiría diferenciar proveedores estratégicos, proveedores con seguimiento y proveedores con oportunidades de mejora. Además, la aplicación periódica del modelo AHP, considerando evaluaciones semestrales, contribuiría a verificar el cumplimiento de los acuerdos establecidos y facilitar la toma de decisiones basada en información objetiva.

A partir de los resultados obtenidos, se propone fortalecer la relación con los proveedores locales de áridos mediante un programa de integración y mejora continua orientado a mejorar aspectos relacionados con calidad, cumplimiento de entregas y confiabilidad del suministro. Debido a que el criterio ambiental obtuvo una prioridad del 8,46% dentro del modelo multicriterio, sería conveniente incrementar progresivamente la consideración de este factor mediante la incorporación de prácticas ambientales, manejo adecuado de residuos y cumplimiento de requisitos normativos relacionados con sostenibilidad, aportando al desarrollo de procesos de extracción y suministro de materiales pétreos más responsables en la región.

La integración de la matriz de evaluación multicriterio con las herramientas digitales de gestión utilizadas actualmente por la empresa representa una alternativa para optimizar el seguimiento de proveedores. La incorporación de la escala de Saaty dentro de un sistema ERP o plataforma de gestión de inventarios permitiría reducir procesos manuales, disminuir errores en cálculos realizados en hojas de Excel y facilitar la generación de indicadores de desempeño para apoyar la planificación y control del área de compras.

Finalmente, se plantea fortalecer alianzas estratégicas con proveedores viables para mejorar la seguridad del abastecimiento y reducir riesgos de disponibilidad, transporte y variaciones del mercado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] R. Granillo-Macías y I. González-Hernández, «Selección y evaluación de proveedores de logística externa en la cadena de suministro: una revisión sistemática,» *Management Letters,* vol. 21, nº 2, pp. 1-12, 2020.

[2] La construcción puede ser el nuevo motor de la economía en Ecuador, ¿pero cómo hacerlo?, «Primicias,» Primicias, 11 Abril 2025.

[3] Instituto Nacional de Estadística y Censos, «Edificaciones aprobadas y crecimiento sectorial,» Instituto Nacional de Estadística y Censos, 21 Diciembre 2023.

[4] Instituto Nacional de Estadística y Censos, «Aporte del sector de la construcción al PIB,» Instituto Nacional de Estadística y Censos, Diciembre 21 2023.

[5] Giménez, Cristina, «La sostenibilidad en las cadenas de suministro: trabajando con proveedores,» Esade, 23 Septiembre 2024gggg.

[6] M. Sánchez y J. Cevallos, «Evaluación de proveedores de materiales de construcciín con criterios de sostenibilidad,» *Revista de Ingenería y Ciencias Aplicadas,* vol. 12, nº 3, pp. 45-58, 2023.

[7] L. Almerco, «Gestión sostenible de la cadena de suministros: Revisión sistemática de literatura,» Universidad César Vallejo, Trujillo, 2022.

[8] Y. Shabad, A. Gull, M. Javed y T. Ahsan, «Do green firms select and terminate supply chain partners based on sustainability criteria? International evidence,» *International Journal of Production Economics,* vol. 297, p. 110000, 2026.

[9] J. Abbas, «Green supply chain management and firm sustainable performance: unlocking the role of transactional and transformational leadership in firm sustainable operations,» *Environment, Development and Sustainability,* vol. 28, p. 1827–1846, 2024.

[10] Z. Hailiang, M. Khokhar, T. Islam y A. Sharma, «A model for green-resilient supplier selection: fuzzy best–worst multi-criteria decision-making method and

its applications,» *Environmental Science and Pollution Research,* vol. 4, nº 30, p. 54035–54058, 2023.

[11] C. Haopeng y W. Huihui, «Research on Green Supplier Selection Method Based on Improved AHP-FMEA,» *Sustainability,* vol. 17, nº 7, pp. 1-15, 2025.

[12] T. Saputro, T. Rosiani, A. Mubin, S. Dewy y T. Baroto, «Green supplier selection under supply risks using novel integrated fuzzy multi-criteria decision making techniques,» *Journal of Cleaner Production,* vol. 449, nº 10, p. 141788, 2024.

[13] H. Mirzaee, H. Samarghandi y K. Willoughby, «A robust optimization model for green supplier selection and order allocation in a closed-loop supply chain considering cap-and-trade mechanism,» *Arxiv,* pp. 1-12, 2022.

[14] E. Adamides y Y. Mouzakitis, «Green Sourcing: Supplier Assessment and Selection Practices across Industries,» *Logistics,* vol. 8, nº 5, p. 105, 2024.

[15] A. Abuzaid, M. Alateeq, S.-a. Madadha, F. Al Sharari y M. Alsbou, «The Effect of Suppliers' Green and Traditional Selection Criteria in Supply Chain Management on Purchasing Firms' Performance,» *Sustainability,* vol. 16, nº 15, p. 6276, 2024.

[16] H. Smith, «Sustainable Procurement and Supplier Selection in Green Supply Chains,» University of Nevada, Nevada, 2024.

[17] S. Ghosh, M. Mandal y A. Ray, «Green supply chain management framework for supplier selection: an integrated multi-criteria decision-making approach,» *International Journal of Management Science and Engineering Management,* vol. 17, nº 3, pp. 205-219, 2021.

[18] K.-Y. Lin y Y.-K. Lin, «Sustainable supply chain evaluation with supplier sustainability in terms of reliability,» *Annals of Operations Research,* pp. 1-15, 2024.

[19] C. Tsikada, W. Chasaya y A. Ayandibu, «The adoption of green supply chain management in entrepreneurship and its impact on business sustainability:

lessons for South African SMEs,» *Future Business Journal,* vol. 11, nº 198, pp. 2-25, 2025.

[20] S. Leyva y J. Pancorbo, «Implementación de la economía circular en la gestión de la cadena de suministro: un análisis bibliométrico,» *Región Científica,* vol. 3, nº 2, p. 2024315, 2024.

[21] Servicio Nacional de Contratación Pública, «Ecuador se convierte en el cuarto país de la región en tener una política de Compras Públicas Sostenibles,» Servicio Nacional de Contratación Pública, 10 Marzo 2022.

[22] S. Carrasqueo, M. Cabanilla y M. Giraldo, «Green Supply Chain Management Practices in SMEs in Guayaquil, Ecuador,» *Revista de Gestão Social e Ambiental,* vol. 19, nº 3, p. e011497, 2025.

[23] K. Moreno, G. Freire y D. Caisa, «Cadena de suministros verde: Análisis estratégico de la gestión de residuos sólidos en Pelileo-Ecuador,» *Revista de Ciencias Sociales (Ve),* vol. 27, nº Esp.3, pp. 1-16, 2021.

[24] S. Ruiz-López, «Estrategias de Gestión de la Cadena de Suministro en un Mundo Globalizado,» *Revista Científica Zambos,* vol. 3, nº 2, pp. 97-119, 2024.

[25] E. Calderón y B. Aguilar, «Impacto de la evaluación de proveedores en la calidad de los insumos en la cadena de suministro de la empresa "FLP" del Ecuador S.A.", Santo Domingo, 2024,» *Código Científico Revista De Investigación,* vol. 6, nº E1, p. 1553–1580, 2025.

[26] O. Fares, «Falta de seguridad en la gestión de la cadena de suministros en la agroindustria ecuatoriana,» *Sapitentia Technological,* vol. 5, nº 2, pp. 33-40, 2024.

[27] Centro Ecuatoriano de Eficiencia de Recursos, «PRODUCTOS VERDES: La tendencia hacia un consumo sostenible en el Ecuador,» Centro Ecuatoriano de Eficiencia de Recursos, 15 Abril 2024.

[28] E. Cajamarca, J. Jimbo y S. Cabrera, «Estudio de la cadena de suministro de papel y cartón reciclado en la ciudad de Cuenca-Ecuador,» *Ciencias administrativas,* nº 20, pp. 2-25, 2022.

[29] K. García-Fallú y A. Castelo-Salazar, «Gestión de la cadena de suministro en contextos cambiantes mediante un análisis bibliográfico,» *Innova Science,* vol. 1, nº 4, pp. 1-12, 2023.

[30] I. Mejía y S. Ayala, «Revisión de literatura sobre gestión de cadenas de suministro sostenibles e innovaciones disruptivas en Pymes,» *Revista Universidad & Empresa,* vol. 25, nº 44, pp. 1-35, 2023.

[31] B. Santos y D. Ramírez-Ospina, «Sostenibilidad de cadenas de suministro: Caracterización y Gestión,» *Revista de Ciencias Empresariales,* vol. 8, nº 2023, pp. 21-31, 2023.

[32] K. Salas-Navarro, J. Meza, T. Obredor y N. Mercado, «Evaluación de la Cadena de Suministro para Mejorar la Competitividad y Productividad en el Sector Metalmecánico en Barranquilla, Colombia,» *Información Tecnológica,* vol. 30, nº 2, pp. 25-32, 2019.

[33] C. Mora-Quiñones, J. Velázquez, S. Rajagopalan y V. Arnold, «Estado de la Sostenibilidad en la Cadena de Suministro en 2025,» 20 Octubre 2025.

[34] S. Rehman, Z. Yu, A. Sharif y H. Golpîra, «Determinants of economic growth and environmental sustainability in South Asian Association for Regional Cooperation: evidence from panel ARDL,» *Environmental Science and Pollution Research International,* vol. 27, nº 36, pp. 45675-45687, 2023.

[35] L. Valentini, «Sustainable sourcing of raw materials for the built environment,» *Materials Today: Proceedings,* pp. 1-4, 2023.

[36] K. Chávez, R. Aguilar, L. Coloma, M. Jara y J. Montoya, «Controles de calidad ambientales de los materiales durante la fase de abastecimiento de un proyecto de edificación,» Pontifica Universidad Católica del Perú, Lima, 2021.

[37] N. León y L. Ruíz, «Análisis de productividad del recurso agua en la construcción sostenible y su relación con la economía circular,» Universidad de La Salle, Bogotá, 2022.

[38] Comisión Europea, «Global Stakeholder Platform for Responsible Sourcing,» 31 Octubre 2023.

[39] Unión Europea, «El suministro sostenible de materias primeras clave, crucial para la industria,» 21 Septiembre 2021.

[40] K. Govidan, S. Azevedo, H. Carvalho y V. Cruz-Machado, «Impact of supply chain management practices on sustainability,» *Journal of Cleaner Production,* vol. 85, pp. 212-225, 2014.

[41] S. Al-Humairi, M. Abd Ali y A. Abbas, «The impact of cleaner production strategy on Sustainable supply chain performance,» *Production Engineering Archives,* vol. 30, nº 2, pp. 166-181, 2024.

[42] A. Apaza y A. Yep Lau, «Análisis de la cadena de suministros de materia prima en una empresa agroindustrial durante los años 2016-2017,» Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2018.

[43] I. Hammou, S. Oulfarsi y A. Hebaz, «The impact of lean & green supply chain practices on sustainability: literature review and conceptual framework,» *BazTech,* vol. 18, nº 1, pp. 1-13, 2022.

[44] D. Isfianadewi, «Exploring the Impact of Resilient Supply Chains on Performance: Sustainability's Mediating Role,» *Proceedings of ASBN International Conference,* vol. 1, pp. 629-641, 2024.

[45] M. Tohidi, S. Homayoun, A. RezaHoseini, R. Ehsani y M. Bagherpour, «Sustainability-Driven Supplier Selection: Insights from Supplier Life Value and Z-Numbers,» *Sustainability,* vol. 16, nº 5, p. 2046, 2024.

[46] B. Liu, T. Chen, H. Yang y A. Segerstedt, «Supplier evaluation and selection in a sustainable supply chain based on fuzzy-BWM, entropy method and grey

relational TOPSIS,» *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems: Applications in Engineering and Technology,* vol. 44, nº 6, pp. 9919-9932, 2023.

[47] I. Masudin, I. Habibah, R. Wardana, D. Restuputri y S. Shariff, «Enhancing Supplier Selection for Sustainable Raw Materials: A Comprehensive Analysis Using Analytical Network Process (ANP) and TOPSIS Methods,» *Logistics,* vol. 8, nº 3, p. 74, 2024.

[48] S. Dehshiri, «Sustainable Supplier Selection Based on a Comparative Decision-Making Approach Under Uncertainty,» *Spectrum of Operational Research,* vol. 3, nº 1, pp. 238-251, 2024.

[49] W. Sarache, C. Hoyos y J. Burbano, «Procedimiento para la evaluación de proveedores mediante técnicas multicriterio,» *Scientia Et Technica,* vol. 10, nº 24, pp. 219-224, 2004.

[50] Y. Unal y G. Temur, «Sustainable supplier selection by using spherical fuzzy AHP,» *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems: Applications in Engineering and Technology,* vol. 42, nº 1, pp. 593-603, 2021.

[51] A. Safavi, B. Bigham y M. Zahedi-Seresht, «Supplier Selection Utilizing AHP and TOPSIS in a Fuzzy Environment based on KPIs,» *Contemporary Mathematics,* pp. 1-20, 2025.

[52] S. Lou, X. You y T. Xu, «Sustainable Supplier Evaluation: From Current Criteria to Reconstruction Based on ESG Requirements,» *Sustainability,* vol. 16, nº 2, p. 757, 2024.

[53] S. Kraft, M. Quayson y F. Kellner, «Sustainable supplier evaluation under due diligence acts,» *Frontiers in Sustainability,* vol. 6, pp. 1-20, 2025.

[54] Ö. Ünal, R. Kılıç, B. Erkayman y D. Pamucar, «Evaluating the performance of circular suppliers in manufacturing sector: A rough Multi-Criteria decision making approach,» *Environment Development and Sustainability,* pp. 2-21, 2025.

[55] H. Tay, H. Chen, E. Khine y H. Loh, «Development of supplier evaluation framework for resilient and sustainable humanitarian supply chains,» *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management,* vol. 16, nº 2, pp. 1-25, 2025.

[56] B. Cordero, «Selección de proveedores priorizando criterios sostenibles para productos: un enfoque de AHP en compras públicas peruanas,» *Industrial Data,* vol. 22, nº 1, pp. 153-162, 2019.

[57] T. Saaty y L. Vargas, Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process, Segunda ed., New York: Springer, 2012.

[58] Y. Li, Y. Tsang, C. Lee y C. Wu, «Multi-criteria group decision analytics for sustainable supplier relationship management in a focal manufacturing company,» *Journal of Cleaner Production,* vol. 476, nº 15, p. 143690, 2024.

[59] B. Ocupa y F. Wong, «Revisión de literatura: optimización del proceso de abastecimiento de una empresa,» *Impulso,* vol. 5, nº 11, pp. 393-407, 2025.

[60] J. Chica, C. Muñoz, M. Mera, G. Tuárez y J. Macias, «Optimización de la cadena de suministro en la agroindustria de servicio alimentario,» *Revista Científica Multidisciplinar G-Nerando,* vol. 5, nº 2, p. 458, 2024.

[61] C. Díaz, «Gestión de la Cadena de Abastecimiento,» Fundación Universitaria del Área Andina, Bogotá, 2017.

[62] A. Tenelema-Arias, «Optimización del abastecimiento de medicamentos mediante enfoques estratégicos de adquisición en entornos sanitarios. Revisión sistemática,» *Gestio Et Productio. Revista Electrónica De Ciencias Gerenciales,* vol. 7, nº 13, pp. 275-296, 2025.

[63] J. George y S. Balaguru, «Sustainable Supplier Selection in the Manufacturing Sector Using Integrated MCDM Techniques,» *MATEC Web of Conferences,* vol. 393, pp. 1-7, 2024.

[64] S. Chakraborty, R. Raut, T. Rofin y S. Chakraborty, «Supplier selection using multi-criteria decision making methods: a comprehensive review,» *OPSEARCH,* pp. 1-12, 2025.

[65] K. Khulud, I. Masudin, F. Zulfikarijah, D. Restuputri y A. Haris, «Sustainable Supplier Selection through Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Approach: A Bibliometric Analysis,» *Logistics,* vol. 7, nº 4, p. 96, 2023.

[66] D. Štreimikienė, A. Bathaei y J. Streimikis, «MCDM Approaches for Supplier Selection in Sustainable Supply Chain Management,» *Sustainability,* vol. 16, nº 23, p. 10446, 2024.

[67] S. Legesse, D. Cattrysse, E. Alamayehu y J. Van Orshoven, «Multi-criteria decision making methods to address rural land allocation problems: A systematic review,» *International Soil and Water Conservation Research,* vol. 9, nº 4, pp. 490-501, 2021.

[68] H. Yousefi, S. Moradi, R. Zahedi y Z. Ranjbar, «Developed analytic hierarchy process and multi criteria decision support system for wind farm site selection using GIS: A regional-scale application with environmental responsibility,» *Energy Conversion and Management: X,* vol. 22, p. 100594, 2024.

[69] J. Lee y S. Lim, «An Analytic Hierarchy Process (AHP) Approach for Sustainable Assessment of Economy-Based and Community-Based Urban Regeneration: The Case of South Korea,» *Sustainability,* vol. 10, nº 12, p. 4456, 2018.

[70] A. Peñafiel, L. Reales, A. Campos-Moposita, V. Espín y P. Ortiz, «Proceso analítico jerárquico (AHP) en la determinación de competencias significativas para la formación de profesionales de fisioterapia en la Universidad técnica de Ambato,» *Revista Universidad y Sociedad,* vol. 15, nº 2, pp. 1-12, 2023.

[71] I. D'Adamo, «The analytic hierarchy process as an innovative way to enable stakeholder engagement for sustainability reporting in the food industry,» *Environment, Development and Sustainability,* vol. 25, p. 15025–15042, 2023.

[72] K. Lysons y B. Farrington, Procurement and Supply Chain Management, Décima ed., Londom: Pearson, 2020.

[73] F. Putri y U. Putro, «Analytical Hierarchy Process (AHP) Method for Marketing Agency Selection at PT Kirana Mitraabadi,» *International Journal of Current Science Research and Review,* vol. 7, nº 2, pp. 1-8, 2024.

[74] M. Cabral y P. Blanchet, «Analytical Hierarchical Process as a Multicriteria Decision Tool in Material Selection for Prefabricated Wood Buildings,» *Buildings,* vol. 13, nº 12, p. 2973, 2023.

[75] H. Zhao, S. Song y Y. Bao, «A multi-dimensional evaluation model for power enterprise procurement performance based on fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS integration,» *Scientific Reports,* nº 15, p. 41290, 2025.

[76] M. Zanquet y A. T. R. Kieling, «em qual aplicativo pedir? uma proposta de análise utilizando o método Analytic Hierarchy Process (AHP),» *Revista Inovação, Projetos e Tecnologias,* vol. 10, nº 2, pp. 254-273, 2022.

[77] R. Silva, «Escolha de indicadores chave de desempenho: uso do método de análise de processo hierárquica (AHP) no setor de obras públicas das autarquias federais,» *Revista Espacios,* vol. 43, nº 1, pp. 1-15, 2022.

[78] S. Berumen y F. Llamazares, «La utilidad de Los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente,» *Cuadernos de Administración,* vol. 20, nº 34, pp. 2-25, 2007.

[79] M. Ashour y A. Mahdiyar, «A comprehensive state-of-the-art survey on the recent modified and hybrid analytic hierarchy process approaches,» *Applied Soft Computing,* vol. 150, p. 11014, 2024.

[80] O. Oyefusi, W. Enegbuma y A. Brown, «A multi-level hierarchy decision-making framework for the implementation of novel regenerative supply chain management practices in construction,» *Environmental Impact Assessment Review,* vol. 116, p. 108128, 2026.

[81] E. Repetski, S. Sarkani y T. Mazzuchi, «Applying the Analitic Hierarchy Process (AHP) to Expert Documents,» *International Journal of the Analytic Hierarchy Process,* vol. 14, nº 1, pp. 1-15, 2022.

[82] L. McIvor y R. Chakrabortty, «Multi-Criteria Decision Making in A Multi-Method Framework with Application in Capability Acquisition and Enhancement,» *IFAC-PapersOnline,* vol. 55, nº 10, pp. 1816-1821, 2022.

[83] S.-L. Shu, T. Yeyao y M. Shabaz, «Multi-criteria decision making for determining best teaching method using fuzzy analytical hierarchy process,» *Soft Computing,* vol. 27, nº 6, pp. 2795 - 2807, 2022.

[84] Y. Zhou y A. Asano, «A Two-Layer Model for Complex Multi-Criteria Decision-Making and Its Application in Institutional Research,» *ASI,* vol. 8, nº 5, p. 148, 2025.

[85] D. Kurniawati, F. Lenti y R. Nugroho, «Implementation of AHP and SAW Methods for Optimization of Decision Recommendations,» *Journal of International Conference Proceedings,* vol. 4, nº 1, pp. 1-12, 2021.

[86] H. Tekile, M. Brunelli y M. Fedrizzi, «A numerical comparative study of completion methods for pairwise comparison matrices,» *Operations Research Perspectives,* vol. 10, p. 100272, 2023.

[87] Z. Tajani, C. Tajani, I. Khattabi y M. Sabbane, «A metaheuristic approach to improve consistency of the pairwise matrix in AHP,» *Mathematical Modeling and Computing,* vol. 10, nº 4, pp. 1164-1173, 2023.

[88] M. Soltanifar y M. Tavana, «A novel pairwise comparison method with linear programming for multi-attribute decision-making,» *EURO Journal on Decision Processes,* vol. 12, p. 100051, 2024.

[89] T. Kuo y M.-H. Chen, «On using pairwise comparison in the analytic hierarchy process: Validity is goal while consistency is means,» *Information Sciences,* vol. 648, p. 119630, 2023.

[90] S. Shiraishi y T. Obata, «Calculating Maximum Eigenvalues in Pairwise Comparison Matrices for the Analytic Hierarchy Process,» *Operations Research Forum,* vol. 6, nº 10, pp. 1-20, 2025.

[91] L. Csató, K. Ágoston y S. Bozóki, «On the coincidence of optimal completions for small pairwise comparison matrices with missing entries,» *Annals of Operations Research,* vol. 333, pp. 239-247, 2024.

[92] R. Marques-Carvalho, A. de Carvalho, E. Escobar-Silva, R. Pacheco, C. de Almeida y M. Santos, «Comparative analysis of traditional and Gaussian Analytical Hierarchy Process (AHP) methods for landslide susceptibility assessment,» *Scientific Reports,* nº 15, p. 38191, 2025.

[93] B. Srdjevic y Z. Srdjevic, «Prioritisation in the analytic hierarchy process for real and generated comparison matrices,» *Expert Systems with Applications,* vol. 225, nº 1, p. 120015, 2025.

[94] V. Pamplona y L. Monteiro, «Consistency Improvement in the Analytic Hierarchy Process,» *Mathematics,* vol. 12, nº 6, p. 828, 2024.

[95] A. Handayani, F. Farikhin y B. Surarso, «Statisticam approaches for consistency index in analytical hierarchy process,» *Aksioma,* vol. 14, nº 3, pp. 1-20, 2023.

[96] S. Frish, I. Talmor, O. Hadar, M. Shoshany y S. Aviad, «Enhancing consistency of AHP-based expert judgements: A new approach and its implementation in an interactive tool,» *MethodsX,* vol. 14, p. 103341, 2025.

[97] H. Chen y H. Wang, «Research on Green Supplier Selection Method Based on Improved AHP-FMEA,» *Sustainability,* vol. 17, nº 7, p. 3018, 2025.

[98] M. Manik, «Addressing the supplier selection problem by using the analytical hierarchy process,» *Heliyon,* vol. 9, nº 7, p. e17997, 2023.

[99] C. Bozarth y R. Handfield, Introduction to Operations and Supply Chain Management, Quinta ed., Boston: Pearson, 2019.

[100] J. Krajewski, L. Ritzman y M. Malhotra, Operations Management: Processes and Supply, Treceava ed., Boston: Pearson, 2022.

[101] R. Kabenla, S. Ampofo, G. Owusu, J. Atulley y B. Ampadu, «Application of Analytical Hierarchy Process (AHP) and Multi-Criteria Evaluation (MCE) for a case study and scenario assessment of flood risk in the White Volta Basin of the Upper East Region, Ghana,» *Discover Water,* vol. 4, nº 90, pp. 12-25, 2024.

[102] S. Carpitella, V. Kratochvíl y M. Pistek, «Multi-criteria decision making beyond consistency: An alternative to AHP for real-world industrial problems,» *Computers & Industrial Engineering,* vol. 198, p. 110661, 2024.

[103] Z. Cui, O. Taiwo y P. Aaron, «An application of AHP and fuzzy entropy-TOPSIS methods to optimize upstream petroleum investment in representative African basins,» *Scientific Reports,* vol. 14, p. 6956, 2024.

[104] A. Khoidir, F. Bili y A. Garside, «Prioritizing Critical Success Factors in Humanitarian Supply Chains: A Hybrid Intuitionistic Fuzzy AHP-TOPSIS Approach,» *Jurnal Teknik Industri,* vol. 26, nº 2, p. 221–238, 2025.

[105] J. Álvarez-Arias, «Análisis de la gestión de la cadena de suministro en la agricultura: una revisión sistemática,» *Revista InveCom,* vol. 6, nº 2, pp. 1-20, 2026.

[106] S. Javez-Valladares, L. Palacios-Gómez y L. Gastañaduí-Ibáñez, «Método multicriterio analytic hierarchy procesos para la selección de proveedores,» *Gestio et Productio,* vol. 7, nº 1, pp. 2-24, 2025.

[107] Arias, F. G. (2012). El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica (6a ed.). Editorial Episteme.

[108] Hurtado de Barrera, J. (2010). Metodología de la investigación: Guía para la comprensión holística de la ciencia (4a ed.). Ediciones Quirón S.A. - CIEA SYPAL.

[109] Tamayo y Tamayo, M. (2006). El proceso de la investigación científica (5a ed.). Limusa.

[110] ISO/IEC. (2024). *Quality management systems — Requirements Amendment 1: Climate action changes* (ISO 9001:2015/Amd 1:2024).g

[111] ISO/IEC. (2017). Sustainable procurement — Guidance (ISO 20400:2017)

[112] D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff y D. G. Altman, "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement," PLoS Medicine, vol. 6, nº 7, p. e1000097, 2009.

ANEXOS

Anexo A. Cálculos manuales de pesos - Subcriterios

En la Figura A1 se muestra Criterio Económico.

CRITERIO ECONÓMICO	Precio	Condiciones de pago
Precio	1	3
Condiciones de pago	0,33	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	1,333	4,000

CRITERIO ECONÓMICO	Precio	Condiciones de venta	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Precio	0,7500	0,7500	1,5000
Condiciones de venta	0,2500	0,2500	0,5000

CRITERIO ECONÓMICO	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$		Prioridad del criterio	Prioridad General	Priorid...1 %
Precio	0,75000	X	0,5506	0,4130	75,00%
Condiciones de pago	0,25000	X	0,5506	0,1377	25,00%
				55%	100%

Figura A 1. Criterio Económico.

Figura A2. Se muestra el criterio técnico.

CRITERIO TECNICO	Calidad	Disponibilidad
Calidad	1	3
Disponibilidad	0,33	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	1,333	4,000

CRITERIO TECNICO	Calidad	Disponibilidad	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Calidad	0,7500	0,7500	1,5000
Disponibilidad	0,2500	0,2500	0,5000

CRITERIO TECNICO	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}/n$		Prioridad del criterio	Prioridad General	Prioridad %
Calidad	0,75000	X	0,2240	0,1680	75,00%
Disponibilidad	0,25000	X	0,2240	0,0560	25,00%
				22%	100%

Figura A 2. Criterio Técnico.

En la Figura A3 se muestra Criterio Logístico

CRITERIO LOGISTICO	Transporte	Tiempo de entrega	Flexibilidad
Transporte	1	0,2	2
Tiempo de entrega	5	1	5
Flexibilidad	0,50	0,2	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	6,500	1,400	8,000

CRITERIO LOGISTICO	Transporte	Tiempo de entrega	Flexibilidad	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Transporte	0,1538	0,1429	0,2500	**0,5467**
Tiempo de entrega	0,7692	0,7143	0,6250	**2,1085**
Flexibilidad	0,0769	0,1429	0,1250	**0,3448**

CRITERIO LOGISTICO	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplicacion	Prioridad del criterio	Prioridad General	Prioridad %
Transporte	0,18223	X	0,1407	0,0256	18,22%
Tiempo de entrega	0,70284	X	0,1407	0,0989	70,28%
Flexibilidad	0,11493	X	0,1407	0,0162	11,49%
				14%	**100%**

Figura A 3. Criterio logístico.

En la Figura A4 se muestra Criterios de medio ambiente

CRITERIO MEDIOAMBIENTAL	Permisos ambientales	Gestión de residuos	Transporte sostenible	Buenas prácticas ambientales
Permisos ambientales	1	3	5	5
Gestión de residuos	0,3333	1	3	4
Transporte sostenible	0,2	0,3333	1	3
Buenas prácticas ambientales	0,2	0,25	0,3333	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	1,7333	4,583	9,333	13,000

CRITERIO MEDIOAMBIENTAL	Permisos ambientales	Gestión de residuos	Transporte sostenible	Buenas prácticas ambientales	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Permisos ambientales	0,5769	0,6545	0,5357	0,3846	**2,1518**
Gestión de residuos	0,1923	0,2182	0,3214	0,3077	**1,0396**
Transporte sostenible	0,1154	0,0727	0,1071	0,2308	**0,5260**
Buenas prácticas ambientales	0,1154	0,0545	0,0357	0,0769	**0,2826**

CRITERIO MEDIOAMBIENTAL	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplicacion	Prioridad del criterio	Prioridad General	Prioridad %
Permisos ambientales	0,53795	X	0,0846	0,0455	53,79%
Gestión de residuos	0,25990	X	0,0846	0,0220	25,99%
Transporte sostenible	0,13151	X	0,0846	0,0111	13,15%
Buenas prácticas ambientales	0,07064	X	0,0846	0,0060	7,06%
				8%	**100%**

Figura A 4. Criterios medioambientales

Anexo B. Cálculos manuales de pesos – Alternativas

En la Figura B1. En la Figura A4 se muestra precio de venta del cemento

PRECIO DE VENTA	HOLCIM	UNACEM	CHIMBORAZO
HOLCIM	1	2	0,333333333
UNACEM	0,5	1	0,333333333
CHIMBORAZO	3	3	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	4,500	6,000	1,667

PRECIO DE VENTA	HOLCIM	UNACEM	CHIMBORAZO	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
HOLCIM	0,2222	0,3333	0,2000	**0,7556**
UNACEM	0,1111	0,1667	0,2000	**0,4778**
CHIMBORAZO	0,6667	0,5000	0,6000	**1,7667**

PRECIO DE VENTA	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
HOLCIM	0,25185	X	0,4130	0,1040	25,19%
UNACEM	0,15926	X	0,4130	0,0658	15,93%
CHIMBORAZO	0,58889	X	0,4130	0,2432	58,89%
				41%	**100%**

Figura B 1. Se muestra Precio de venta - cemento

En la Figura B2 se muestra. Condiciones de pago del cemento

CONDICIONES DE PAGO	HOLCIM	UNACEM	CHIMBORAZO
HOLCIM	1	0,5	4
UNACEM	2	1	5
CHIMBORAZO	0,25	0,2	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	3,250	1,700	10,000

CONDICIONES DE PAGO	HOLCIM	UNACEM	CHIMBORAZO	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
HOLCIM	0,3077	0,2941	0,4000	**1,0018**
UNACEM	0,6154	0,5882	0,5000	**1,7036**
CHIMBORAZO	0,0769	0,1176	0,1000	**0,2946**

CONDICIONES DE PAGO	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
HOLCIM	0,33394	X	0,1377	0,0460	33,39%
UNACEM	0,56787	X	0,1377	0,0782	56,79%
CHIMBORAZO	0,09819	X	0,1377	0,0135	9,82%
				14%	**100%**

Figura B 2. Condiciones de pago - cemento

En la Figura B3 se muestra. Calidad del cemento

CALIDAD DEL MATERIAL	HOLCIM	UNACEM	CHIMBORAZO
HOLCIM	1	2	5
UNACEM	0,5	1	4
CHIMBORAZO	0,2	0,25	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	1,700	3,250	10,000

CALIDAD DEL MATERIAL	HOLCIM	UNACEM	CHIMBORAZO	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
HOLCIM	0,5882	0,6154	0,5000	**1,7036**
UNACEM	0,2941	0,3077	0,4000	**1,0018**
CHIMBORAZO	0,1176	0,0769	0,1000	**0,2946**

CALIDAD DEL MATERIAL	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} / n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
HOLCIM	0,56787	X	0,1680	0,0954	56,79%
UNACEM	0,33394	X	0,1680	0,0561	33,39%
CHIMBORAZO	0,09819	X	0,1680	0,0165	9,82%
				17%	**100%**

Figura B 3. Calidad - cemento

En la Figura B4. Disponibilidad - cemento

DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL	HOLCIM	UNACEM	CHIMBORAZO
HOLCIM	1	2	5
UNACEM	0,5	1	4
CHIMBORAZO	0,2	0,25	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	1,700	3,250	10,000

DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL	HOLCIM	UNACEM	CHIMBORAZO	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
HOLCIM	0,5882	0,6154	0,5000	**1,7036**
UNACEM	0,2941	0,3077	0,4000	**1,0018**
CHIMBORAZO	0,1176	0,0769	0,1000	**0,2946**

DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} / n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
HOLCIM	0,56787	X	0,0560	0,0318	56,79%
UNACEM	0,33394	X	0,0560	0,0187	33,39%
CHIMBORAZO	0,09819	X	0,0560	0,0055	9,82%
				6%	**100%**

Figura B 4. Disponibilidad - cemento

En la Figura B5. Se muestra Transporte - cemento

TRANSPORTE	HOLCIM	UNACEM	CHIMBORAZO
HOLCIM	1	2	5
UNACEM	0,5	1	4
CHIMBORAZO	0,2	0,25	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	1,700	3,250	10,000

TRANSPORTE	HOLCIM	UNACEM	CHIMBORAZO	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
HOLCIM	0,5882	0,6154	0,5000	**1,7036**
UNACEM	0,2941	0,3077	0,4000	**1,0018**
CHIMBORAZO	0,1176	0,0769	0,1000	**0,2946**

TRANSPORTE	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} / n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
HOLCIM	0,56787	X	0,0256	0,0146	56,79%
UNACEM	0,33394	X	0,0256	0,0086	33,39%
CHIMBORAZO	0,09819	X	0,0256	0,0025	9,82%
				3%	**100%**

Figura B 5. Transporte - cemento

En la Figura B6 se muestra el Tiempo de entrega - cemento

TIEMPO DE ENTREGA	HOLCIM	UNACEM	CHIMBORAZO
HOLCIM	1	1	5
UNACEM	1	1	5
CHIMBORAZO	0,2	0,2	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	2,200	2,200	11,000

TIEMPO DE ENTREGA	HOLCIM	UNACEM	CHIMBORAZO	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
HOLCIM	0,4545	0,4545	0,4545	**1,3636**
UNACEM	0,4545	0,4545	0,4545	**1,3636**
CHIMBORAZO	0,0909	0,0909	0,0909	**0,2727**

TIEMPO DE ENTREGA	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} / n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
HOLCIM	0,45455	X	0,0989	0,0449	45,45%
UNACEM	0,45455	X	0,0989	0,0449	45,45%
CHIMBORAZO	0,09091	X	0,0989	0,0090	9,09%
				10%	**100%**

Figura B 6. Tiempo de entrega - cemento

En la Figura B7. se muestra la Flexibilidad - cemento

FLEXIBILIDAD	HOLCIM	UNACEM	CHIMBORAZO
HOLCIM	1	0,333333333	4
UNACEM	3	1	5
CHIMBORAZO	0,25	0,2	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	4,250	1,533	10,000

FLEXIBILIDAD	HOLCIM	UNACEM	CHIMBORAZO	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
HOLCIM	0,2353	0,2174	0,4000	**0,8527**
UNACEM	0,7059	0,6522	0,5000	**1,8581**
CHIMBORAZO	0,0588	0,1304	0,1000	**0,2893**

FLEXIBILIDAD	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} / n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
HOLCIM	0,28423	X	0,0162	0,0046	28,42%
UNACEM	0,61935	X	0,0162	0,0100	61,94%
CHIMBORAZO	0,09642	X	0,0162	0,0016	9,64%
				2%	**100%**

Figura B 7. Flexibilidad - cemento

En la Figura B8. se muestra Permisos Ambientales - cemento

PERMISOS AMBIENTALES	HOLCIM	UNACEM	CHIMBORAZO
HOLCIM	1	1	3
UNACEM	1	1	3
CHIMBORAZO	0,333333333	0,333333333	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	2,333	2,333	7,000

PERMISOS AMBIENTALES	HOLCIM	UNACEM	CHIMBORAZO	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
HOLCIM	0,4286	0,4286	0,4286	**1,2857**
UNACEM	0,4286	0,4286	0,4286	**1,2857**
CHIMBORAZO	0,1429	0,1429	0,1429	**0,4286**

PERMISOS AMBIENTALES	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} / n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
HOLCIM	0,42857	X	0,0455	0,0195	42,86%
UNACEM	0,42857	X	0,0455	0,0195	42,86%
CHIMBORAZO	0,14286	X	0,0455	0,0065	14,29%
				5%	**100%**

Figura B 8. Permisos Ambientales - cemento

En la Figura B9. se muestra Gestión de residuos - cemento

GESTIÓN DE RESIDUOS	HOLCIM	UNACEM	CHIMBORAZO
HOLCIM	1	2	4
UNACEM	0,5	1	3
CHIMBORAZO	0,25	0,333333333	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	1,750	3,333	8,000

GESTIÓN DE RESIDUOS	HOLCIM	UNACEM	CHIMBORAZO	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
HOLCIM	0,5714	0,6000	0,5000	**1,6714**
UNACEM	0,2857	0,3000	0,3750	**0,9607**
CHIMBORAZO	0,1429	0,1000	0,1250	**0,3679**

GESTIÓN DE RESIDUOS	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} / n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
HOLCIM	0,55714	X	0,0220	0,0123	55,71%
UNACEM	0,32024	X	0,0220	0,0070	32,02%
CHIMBORAZO	0,12262	X	0,0220	0,0027	12,26%
				2%	**100%**

Figura B 9.Gestiòn de residuos - cemento

En la Figura B10. se muestra Transporte sostenible - cemento

TRANSPORTE SOSTENIBLE	HOLCIM	UNACEM	CHIMBORAZO
HOLCIM	1	2	3
UNACEM	0,5	1	2
CHIMBORAZO	0,333333333	0,5	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	1,833	3,500	6,000

TRANSPORTE SOSTENIBLE	HOLCIM	UNACEM	CHIMBORAZO	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
HOLCIM	0,5455	0,5714	0,5000	**1,6169**
UNACEM	0,2727	0,2857	0,3333	**0,8918**
CHIMBORAZO	0,1818	0,1429	0,1667	**0,4913**

TRANSPORTE SOSTENIBLE	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} / n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
HOLCIM	0,53896	X	0,0111	0,0060	53,90%
UNACEM	0,29726	X	0,0111	0,0033	29,73%
CHIMBORAZO	0,16378	X	0,0111	0,0018	16,38%
				1%	**100%**

Figura B 10. Transporte Sostenible - cemento

En la Figura B11 se muestra Buenas prácticas ambientales - cemento

BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES	HOLCIM	UNACEM	CHIMBORAZO
HOLCIM	1	2	3
UNACEM	0,5	1	2
CHIMBORAZO	0,333333333	0,5	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	1,833	3,500	6,000

BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES	HOLCIM	UNACEM	CHIMBORAZO	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
HOLCIM	0,5455	0,5714	0,5000	**1,6169**
UNACEM	0,2727	0,2857	0,3333	**0,8918**
CHIMBORAZO	0,1818	0,1429	0,1667	**0,4913**

BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
HOLCIM	0,53896	X	0,0060	0,0032	53,90%
UNACEM	0,29726	X	0,0060	0,0018	29,73%
CHIMBORAZO	0,16378	X	0,0060	0,0010	16,38%
				1%	**100%**

Figura B 11. Buenas prácticas ambientales - cemento

En la Figura B12. se muestra Precio – arena

PRECIO DE VENTA	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi
Áridos Cotopaxi	1	3	0,333333333
Cantera Panzaleo	0,333333333	1	0,2
Cantera Illuchi	3,00	5	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	4,333	9,000	1,533

PRECIO DE VENTA	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Áridos Cotopaxi	0,2308	0,3333	0,2174	**0,7815**
Cantera Panzaleo	0,0769	0,1111	0,1304	**0,3185**
Cantera Illuchi	0,6923	0,5556	0,6522	**1,9000**

PRECIO DE VENTA	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Áridos Cotopaxi	0,26050	X	0,4130	0,1076	26,05%
Cantera Panzaleo	0,10616	X	0,4130	0,0438	10,62%
Cantera Illuchi	0,63335	X	0,4130	0,2616	63,33%
				41%	**100%**

Figura B 12.Precio de venta – arena

En la Figura B13. se muestra Condiciones de pago – arena

CONDICIONES DE PAGO	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi
Áridos Cotopaxi	1	1	1
Cantera Panzaleo	1	1	1
Cantera Illuchi	1	1	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	3,000	3,000	3,000

CONDICIONES DE PAGO	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Áridos Cotopaxi	0,3333	0,3333	0,3333	**1,0000**
Cantera Panzaleo	0,3333	0,3333	0,3333	**1,0000**
Cantera Illuchi	0,3333	0,3333	0,3333	**1,0000**

CONDICIONES DE PAGO	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} /n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Áridos Cotopaxi	0,33333	X	0,1377	0,0459	33,33%
Cantera Panzaleo	0,33333	X	0,1377	0,0459	33,33%
Cantera Illuchi	0,33333	X	0,1377	0,0459	33,33%
				14%	**100%**

Figura B 13. Condiciones de pago – arena

En la Figura B14. se muestra la calidad – arena

CALIDAD DEL MATERIAL	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi
Áridos Cotopaxi	1	0,333333333	3
Cantera Panzaleo	3	1	5
Cantera Illuchi	0,333333333	0,2	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	4,333	1,533	9,000

CALIDAD DEL MATERIAL	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Áridos Cotopaxi	0,2308	0,2174	0,3333	**0,7815**
Cantera Panzaleo	0,6923	0,6522	0,5556	**1,9000**
Cantera Illuchi	0,0769	0,1304	0,1111	**0,3185**

CALIDAD DEL MATERIAL	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} /n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Áridos Cotopaxi	0,26050	X	0,1680	0,0438	26,05%
Cantera Panzaleo	0,63335	X	0,1680	0,1064	63,33%
Cantera Illuchi	0,10616	X	0,1680	0,0178	10,62%
				17%	**100%**

Figura B 14. Calidad – arena

En la figura B15. Disponibilidad – arena

DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi
Áridos Cotopaxi	1	0,2	0,2
Cantera Panzaleo	5	1	1
Cantera Illuchi	5	1	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	11,000	2,200	2,200

DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Áridos Cotopaxi	0,0909	0,0909	0,0909	**0,2727**
Cantera Panzaleo	0,4545	0,4545	0,4545	**1,3636**
Cantera Illuchi	0,4545	0,4545	0,4545	**1,3636**

DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Áridos Cotopaxi	0,09091	X	0,0560	0,0051	9,09%
Cantera Panzaleo	0,45455	X	0,0560	0,0255	45,45%
Cantera Illuchi	0,45455	X	0,0560	0,0255	45,45%
				6%	**100%**

Figura B 15.Disponibilidad – arena

En la figura B16. Transporte – arena

TRANSPORTE	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi
Áridos Cotopaxi	1	1	1
Cantera Panzaleo	1	1	1
Cantera Illuchi	1	1	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	3,000	3,000	3,000

TRANSPORTE	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Áridos Cotopaxi	0,3333	0,3333	0,3333	**1,0000**
Cantera Panzaleo	0,3333	0,3333	0,3333	**1,0000**
Cantera Illuchi	0,3333	0,3333	0,3333	**1,0000**

TRANSPORTE	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Áridos Cotopaxi	0,33333	X	0,0256	0,0085	33,33%
Cantera Panzaleo	0,33333	X	0,0256	0,0085	33,33%
Cantera Illuchi	0,33333	X	0,0256	0,0085	33,33%
				3%	**100%**

Figura B 16. Transporte – arena

En la figura B17. Tiempo de entrega – arena

TIEMPO DE ENTREGA	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi
Áridos Cotopaxi	1	0,2	0,2
Cantera Panzaleo	5	1	1
Cantera Illuchi	5	1	1
$\sum_{l=1}^{n} a_{ij}$.	11,000	2,200	2,200

TIEMPO DE ENTREGA	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi	$\sum_{l=1}^{n} a'_{ij}$.
Áridos Cotopaxi	0,0909	0,0909	0,0909	**0,2727**
Cantera Panzaleo	0,4545	0,4545	0,4545	**1,3636**
Cantera Illuchi	0,4545	0,4545	0,4545	**1,3636**

TIEMPO DE ENTREGA	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Áridos Cotopaxi	0,09091	X	0,0989	0,0090	9,09%
Cantera Panzaleo	0,45455	X	0,0989	0,0449	45,45%
Cantera Illuchi	0,45455	X	0,0989	0,0449	45,45%
				10%	**100%**

Figura B 17. Tiempo de entrega – arena

En la figura B18. Flexibilidad – arena

FLEXIBILIDAD	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi
Áridos Cotopaxi	1	0,333333333	0,2
Cantera Panzaleo	3	1	0,333333333
Cantera Illuchi	5	3	1
$\sum_{l=1}^{n} a_{ij}$.	9,000	4,333	1,533

FLEXIBILIDAD	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi	$\sum_{l=1}^{n} a'_{ij}$.
Áridos Cotopaxi	0,1111	0,0769	0,1304	**0,3185**
Cantera Panzaleo	0,3333	0,2308	0,2174	**0,7815**
Cantera Illuchi	0,5556	0,6923	0,6522	**1,9000**

FLEXIBILIDAD	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Áridos Cotopaxi	0,10616	X	0,0162	0,0017	10,62%
Cantera Panzaleo	0,26050	X	0,0162	0,0042	26,05%
Cantera Illuchi	0,63335	X	0,0162	0,0102	63,33%
				2%	**100%**

Figura B 18. Flexibilidad – arena

En la figura B19. Permisos Ambientales – arena

PERMISOS AMBIENTALES	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi
Áridos Cotopaxi	1	1	1
Cantera Panzaleo	1	1	1
Cantera Illuchi	1	1	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	3,000	3,000	3,000

PERMISOS AMBIENTALES	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Áridos Cotopaxi	0,3333	0,3333	0,3333	1,0000
Cantera Panzaleo	0,3333	0,3333	0,3333	1,0000
Cantera Illuchi	0,3333	0,3333	0,3333	1,0000

PERMISOS AMBIENTALES	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} / n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Áridos Cotopaxi	0,33333	X	0,0455	0,0152	33,33%
Cantera Panzaleo	0,33333	X	0,0455	0,0152	33,33%
Cantera Illuchi	0,33333	X	0,0455	0,0152	33,33%
				5%	100%

Figura B 19. Permisos Ambientales – arena

En la figura B20. Gestión de residuos – arena

GESTIÓN DE RESIDUOS	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi
Áridos Cotopaxi	1	1	1
Cantera Panzaleo	1	1	1
Cantera Illuchi	1	1	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	3,000	3,000	3,000

GESTIÓN DE RESIDUOS	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Áridos Cotopaxi	0,3333	0,3333	0,3333	1,0000
Cantera Panzaleo	0,3333	0,3333	0,3333	1,0000
Cantera Illuchi	0,3333	0,3333	0,3333	1,0000

GESTIÓN DE RESIDUOS	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} / n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Áridos Cotopaxi	0,33333	X	0,0220	0,0073	33,33%
Cantera Panzaleo	0,33333	X	0,0220	0,0073	33,33%
Cantera Illuchi	0,33333	X	0,0220	0,0073	33,33%
				2%	100%

Figura B 20, Gestión de residuos – arena

En la figura B21. Transporte – arena

TRANSPORTE SOSTENIBLE	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi
Áridos Cotopaxi	1	1	1
Cantera Panzaleo	1	1	1
Cantera Illuchi	1	1	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	3,000	3,000	3,000

TRANSPORTE SOSTENIBLE	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Áridos Cotopaxi	0,3333	0,3333	0,3333	**1,0000**
Cantera Panzaleo	0,3333	0,3333	0,3333	**1,0000**
Cantera Illuchi	0,3333	0,3333	0,3333	**1,0000**

TRANSPORTE SOSTENIBLE	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Áridos Cotopaxi	0,33333	X	0,0111	0,0037	33,33%
Cantera Panzaleo	0,33333	X	0,0111	0,0037	33,33%
Cantera Illuchi	0,33333	X	0,0111	0,0037	33,33%

Figura B 21. Transporte – arena

En la figura B22. Buenas prácticas ambientales – arena

BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi
Áridos Cotopaxi	1	1	0,333333333
Cantera Panzaleo	1	1	0,333333333
Cantera Illuchi	3	3	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	5,000	5,000	1,667

BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Áridos Cotopaxi	0,2000	0,2000	0,2000	**0,6000**
Cantera Panzaleo	0,2000	0,2000	0,2000	**0,6000**
Cantera Illuchi	0,6000	0,6000	0,6000	**1,8000**

BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Áridos Cotopaxi	0,20000	X	0,0060	0,0012	20,00%
Cantera Panzaleo	0,20000	X	0,0060	0,0012	20,00%
Cantera Illuchi	0,60000	X	0,0060	0,0036	60,00%
				1%	**100%**

Figura B 22. Prácticas ambientales – arena

En la figura B23. Precio de venta - ripio

PRECIO DE VENTA	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi
Áridos Cotopaxi	1	3	0,333333333
Cantera Panzaleo	0,333333333	1	0,2
Cantera Illuchi	3,00	5	1
$\sum_{l=1}^{n} a_{ij}$.	4,333	9,000	1,533

PRECIO DE VENTA	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi	$\sum_{l=1}^{n} a'_{lj}$.
Áridos Cotopaxi	0,2308	0,3333	0,2174	**0,7815**
Cantera Panzaleo	0,0769	0,1111	0,1304	**0,3185**
Cantera Illuchi	0,6923	0,5556	0,6522	**1,9000**

PRECIO DE VENTA	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Áridos Cotopaxi	0,26050	X	0,4130	0,1076	26,05%
Cantera Panzaleo	0,10616	X	0,4130	0,0438	10,62%
Cantera Illuchi	0,63335	X	0,4130	0,2616	63,33%
				41%	**100%**

Figura B 23. Precio de venta - ripio

En la figura B24. Pago - ripio

CONDICIONES DE PAGO	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi
Áridos Cotopaxi	1	0,333333333	1
Cantera Panzaleo	3	1	3
Cantera Illuchi	1	0,333333333	1
$\sum_{l=1}^{n} a_{ij}$.	5,000	1,667	5,000

CONDICIONES DE PAGO	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi	$\sum_{l=1}^{n} a'_{lj}$.
Áridos Cotopaxi	0,2000	0,2000	0,2000	**0,6000**
Cantera Panzaleo	0,6000	0,6000	0,6000	**1,8000**
Cantera Illuchi	0,2000	0,2000	0,2000	**0,6000**

CONDICIONES DE PAGO	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Áridos Cotopaxi	0,20000	X	0,1377	0,0275	20,00%
Cantera Panzaleo	0,60000	X	0,1377	0,0826	60,00%
Cantera Illuchi	0,20000	X	0,1377	0,0275	20,00%
				14%	**100%**

Figura B 24. Condiciones de Pago - ripio

En la Figura B25. Calidad - ripio

CALIDAD DEL MATERIAL	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi
Áridos Cotopaxi	1	0,333333333	3
Cantera Panzaleo	3	1	5
Cantera Illuchi	0,333333333	0,2	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	4,333	1,533	9,000

CALIDAD DEL MATERIAL	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Áridos Cotopaxi	0,2308	0,2174	0,3333	**0,7815**
Cantera Panzaleo	0,6923	0,6522	0,5556	**1,9000**
Cantera Illuchi	0,0769	0,1304	0,1111	**0,3185**

CALIDAD DEL MATERIAL	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Áridos Cotopaxi	0,26050	X	0,1680	0,0438	26,05%
Cantera Panzaleo	0,63335	X	0,1680	0,1064	63,33%
Cantera Illuchi	0,10616	X	0,1680	0,0178	10,62%
				17%	**100%**

Figura B 25. Calidad - ripio

En la Figura B26. Disponibilidad - ripio

DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi
Áridos Cotopaxi	1	0,333333333	0,333333333
Cantera Panzaleo	3	1	1
Cantera Illuchi	3	1	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	7,000	2,333	2,333

DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Áridos Cotopaxi	0,1429	0,1429	0,1429	**0,4286**
Cantera Panzaleo	0,4286	0,4286	0,4286	**1,2857**
Cantera Illuchi	0,4286	0,4286	0,4286	**1,2857**

DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Áridos Cotopaxi	0,14286	X	0,0560	0,0080	14,29%
Cantera Panzaleo	0,42857	X	0,0560	0,0240	42,86%
Cantera Illuchi	0,42857	X	0,0560	0,0240	42,86%
				6%	**100%**

Figura B 26. Disponibilidad - ripio

En la figura B27. Transporte - ripio

TRANSPORTE SOSTENIBLE	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi
Áridos Cotopaxi	1	1	1
Cantera Panzaleo	1	1	1
Cantera Illuchi	1	1	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	3,000	3,000	3,000

TRANSPORTE SOSTENIBLE	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Áridos Cotopaxi	0,3333	0,3333	0,3333	**1,0000**
Cantera Panzaleo	0,3333	0,3333	0,3333	**1,0000**
Cantera Illuchi	0,3333	0,3333	0,3333	**1,0000**

TRANSPORTE SOSTENIBLE	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Áridos Cotopaxi	0,33333	X	0,0111	0,0037	33,33%
Cantera Panzaleo	0,33333	X	0,0111	0,0037	33,33%
Cantera Illuchi	0,33333	X	0,0111	0,0037	33,33%

Figura B 27. Transporte - ripio

En la figura B28. Tiempo de entrega - ripio

TIEMPO DE ENTREGA	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi
Áridos Cotopaxi	1	0,333333333	0,333333333
Cantera Panzaleo	3	1	1
Cantera Illuchi	3	1	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	7,000	2,333	2,333

TIEMPO DE ENTREGA	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Áridos Cotopaxi	0,1429	0,1429	0,1429	**0,4286**
Cantera Panzaleo	0,4286	0,4286	0,4286	**1,2857**
Cantera Illuchi	0,4286	0,4286	0,4286	**1,2857**

TIEMPO DE ENTREGA	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Áridos Cotopaxi	0,14286	X	0,0989	0,0141	14,29%
Cantera Panzaleo	0,42857	X	0,0989	0,0424	42,86%
Cantera Illuchi	0,42857	X	0,0989	0,0424	42,86%
				10%	**100%**

Figura B 28. Tiempo de entrega - ripio

En la figura B29. Flexibilidad - ripio

FLEXIBILIDAD	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi
Áridos Cotopaxi	1	0,333333333	0,333333333
Cantera Panzaleo	3	1	2
Cantera Illuchi	3	0,5	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	7,000	1,833	3,333

FLEXIBILIDAD	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Áridos Cotopaxi	0,1429	0,1818	0,1000	**0,4247**
Cantera Panzaleo	0,4286	0,5455	0,6000	**1,5740**
Cantera Illuchi	0,4286	0,2727	0,3000	**1,0013**

FLEXIBILIDAD	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Áridos Cotopaxi	0,14156	X	0,0162	0,0023	14,16%
Cantera Panzaleo	0,52468	X	0,0162	0,0085	52,47%
Cantera Illuchi	0,33377	X	0,0162	0,0054	33,38%
				2%	**100%**

Figura B 29. Flexibilidad - ripio

En la figura B30. Permisos Ambientales - ripio

PERMISOS AMBIENTALES	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi
Áridos Cotopaxi	1	0,5	2
Cantera Panzaleo	2	1	3
Cantera Illuchi	0,5	0,333333333	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	3,500	1,833	6,000

PERMISOS AMBIENTALES	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Áridos Cotopaxi	0,2857	0,2727	0,3333	**0,8918**
Cantera Panzaleo	0,5714	0,5455	0,5000	**1,6169**
Cantera Illuchi	0,1429	0,1818	0,1667	**0,4913**

PERMISOS AMBIENTALES	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Áridos Cotopaxi	0,29726	X	0,0455	0,0135	29,73%
Cantera Panzaleo	0,53896	X	0,0455	0,0245	53,90%
Cantera Illuchi	0,16378	X	0,0455	0,0075	16,38%
				5%	**100%**

Figura B 30. Permisos Ambientales - ripio

En la figura B31. Gestión de residuos - ripio

GESTIÓN DE RESIDUOS	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi
Áridos Cotopaxi	1	0,5	1
Cantera Panzaleo	2	1	2
Cantera Illuchi	1	0,5	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	4,000	2,000	4,000

GESTIÓN DE RESIDUOS	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Áridos Cotopaxi	0,2500	0,2500	0,2500	**0,7500**
Cantera Panzaleo	0,5000	0,5000	0,5000	**1,5000**
Cantera Illuchi	0,2500	0,2500	0,2500	**0,7500**

GESTIÓN DE RESIDUOS	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplicacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Áridos Cotopaxi	0,25000	X	0,0220	0,0055	25,00%
Cantera Panzaleo	0,50000	X	0,0220	0,0110	50,00%
Cantera Illuchi	0,25000	X	0,0220	0,0055	25,00%
				2%	**100%**

Figura B 31. Gestión de residuos - ripio

En la Figura B32. Transporte Sostenible - ripio

TRANSPORTE SOSTENIBLE	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi
Áridos Cotopaxi	1	1	1
Cantera Panzaleo	1	1	1
Cantera Illuchi	1	1	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	3,000	3,000	3,000

TRANSPORTE SOSTENIBLE	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Áridos Cotopaxi	0,3333	0,3333	0,3333	**1,0000**
Cantera Panzaleo	0,3333	0,3333	0,3333	**1,0000**
Cantera Illuchi	0,3333	0,3333	0,3333	**1,0000**

TRANSPORTE SOSTENIBLE	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplicacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Áridos Cotopaxi	0,33333	X	0,0111	0,0037	33,33%
Cantera Panzaleo	0,33333	X	0,0111	0,0037	33,33%
Cantera Illuchi	0,33333	X	0,0111	0,0037	33,33%
				1%	**100%**

Figura B 32. Transporte Sostenible - ripio

En la Figura B33 Buenas prácticas - ripio

BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi
Áridos Cotopaxi	1	1	0,333333333
Cantera Panzaleo	1	1	0,333333333
Cantera Illuchi	3	3	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	5,000	5,000	1,667

BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES	Áridos Cotopaxi	Cantera Panzaleo	Cantera Illuchi	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Áridos Cotopaxi	0,2000	0,2000	0,2000	**0,6000**
Cantera Panzaleo	0,2000	0,2000	0,2000	**0,6000**
Cantera Illuchi	0,6000	0,6000	0,6000	**1,8000**

BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplicacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Áridos Cotopaxi	0,20000	X	0,0060	0,0012	20,00%
Cantera Panzaleo	0,20000	X	0,0060	0,0012	20,00%
Cantera Illuchi	0,60000	X	0,0060	0,0036	60,00%
				1%	**100%**

Figura B 33. Buenas prácticas - ripio

En la figura B34 Precio de venta - Aditivos

PRECIO DE VENTA	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador
Ferrisariato	1	0,5	0,5
Centro Ferretero San Agustin	2	1	2
ADITEC Ecuador	2	0,5	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	5,000	2,000	3,500

PRECIO DE VENTA	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Ferrisariato	0,2000	0,2500	0,1429	**0,5929**
Centro Ferretero San Agustin	0,4000	0,5000	0,5714	**1,4714**
ADITEC Ecuador	0,4000	0,2500	0,2857	**0,9357**

PRECIO DE VENTA	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplicacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Ferrisariato	0,19762	X	0,4130	0,0816	19,76%
Centro Ferretero San Agustin	0,49048	X	0,4130	0,2026	49,05%
ADITEC Ecuador	0,31190	X	0,4130	0,1288	31,19%
				41%	**100%**

Figura B 34. Precio de venta - Aditivos

En la figura B35 Condiciones de pago - Aditivos

CONDICIONES DE PAGO	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador
Ferrisariato	1	2	1
Centro Ferretero San Agustin	0,5	1	0,5
ADITEC Ecuador	1	2	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	2,500	5,000	2,500

CONDICIONES DE PAGO	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Ferrisariato	0,4000	0,4000	0,4000	**1,2000**
Centro Ferretero San Agustin	0,2000	0,2000	0,2000	**0,6000**
ADITEC Ecuador	0,4000	0,4000	0,4000	**1,2000**

CONDICIONES DE PAGO	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} / n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Ferrisariato	0,40000	X	0,1377	0,0551	40,00%
Centro Ferretero San Agustin	0,20000	X	0,1377	0,0275	20,00%
ADITEC Ecuador	0,40000	X	0,1377	0,0551	40,00%
				14%	**100%**

Figura B 35. Condiciones de pago - Aditivos

En la Figura B36. Calidad - Aditivos

CALIDAD DEL MATERIAL	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador
Ferrisariato	1	0,5	0,333333333
Centro Ferretero San Agustin	2	1	0,5
ADITEC Ecuador	3	2	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	6,000	3,500	1,833

CALIDAD DEL MATERIAL	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Ferrisariato	0,1667	0,1429	0,1818	**0,4913**
Centro Ferretero San Agustin	0,3333	0,2857	0,2727	**0,8918**
ADITEC Ecuador	0,5000	0,5714	0,5455	**1,6169**

CALIDAD DEL MATERIAL	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} / n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Ferrisariato	0,16378	X	0,1680	0,0275	16,38%
Centro Ferretero San Agustin	0,29726	X	0,1680	0,0499	29,73%
ADITEC Ecuador	0,53896	X	0,1680	0,0906	53,90%
				17%	**100%**

Figura B 36. Calidad - Aditivos

En la figura B37 Disponibilidad - Aditivos

DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador
Ferrisariato	1	2	1
Centro Ferretero San Agustin	0,5	1	0,5
ADITEC Ecuador	1	2	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	2,500	5,000	2,500

DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Ferrisariato	0,4000	0,4000	0,4000	**1,2000**
Centro Ferretero San Agustin	0,2000	0,2000	0,2000	**0,6000**
ADITEC Ecuador	0,4000	0,4000	0,4000	**1,2000**

DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} /n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Ferrisariato	0,40000	X	0,0560	0,0224	40,00%
Centro Ferretero San Agustin	0,20000	X	0,0560	0,0112	20,00%
ADITEC Ecuador	0,40000	X	0,0560	0,0224	40,00%
				6%	**100%**

Figura B 37. Disponibilidad - Aditivos

En la figura B38 Transporte - Aditivos

TRANSPORTE	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador
Ferrisariato	1	1	0,5
Centro Ferretero San Agustin	1	1	0,5
ADITEC Ecuador	2	2	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	4,000	4,000	2,000

TRANSPORTE	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Ferrisariato	0,2500	0,2500	0,2500	**0,7500**
Centro Ferretero San Agustin	0,2500	0,2500	0,2500	**0,7500**
ADITEC Ecuador	0,5000	0,5000	0,5000	**1,5000**

TRANSPORTE	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} /n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Ferrisariato	0,25000	X	0,0256	0,0064	25,00%
Centro Ferretero San Agustin	0,25000	X	0,0256	0,0064	25,00%
ADITEC Ecuador	0,50000	X	0,0256	0,0128	50,00%
				3%	**100%**

Figura B 38. Transporte - Aditivos

En la figura B39. Tiempo de entrega - Aditivos

TIEMPO DE ENTREGA	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador
Ferrisariato	1	2	1
Centro Ferretero San Agustin	0,5	1	0,5
ADITEC Ecuador	1	2	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	2,500	5,000	2,500

TIEMPO DE ENTREGA	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Ferrisariato	0,4000	0,4000	0,4000	**1,2000**
Centro Ferretero San Agustin	0,2000	0,2000	0,2000	**0,6000**
ADITEC Ecuador	0,4000	0,4000	0,4000	**1,2000**

TIEMPO DE ENTREGA	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} / n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Ferrisariato	0,40000	X	0,0989	0,0396	40,00%
Centro Ferretero San Agustin	0,20000	X	0,0989	0,0198	20,00%
ADITEC Ecuador	0,40000	X	0,0989	0,0396	40,00%
				10%	**100%**

Figura B 39. Tiempo de entrega - Aditivos

En la figura B40. Flexibilidad - Aditivos

FLEXIBILIDAD	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador
Ferrisariato	1	2	1
Centro Ferretero San Agustin	0,5	1	0,5
ADITEC Ecuador	1	2	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	2,500	5,000	2,500

FLEXIBILIDAD	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Ferrisariato	0,4000	0,4000	0,4000	**1,2000**
Centro Ferretero San Agustin	0,2000	0,2000	0,2000	**0,6000**
ADITEC Ecuador	0,4000	0,4000	0,4000	**1,2000**

FLEXIBILIDAD	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} / n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Ferrisariato	0,40000	X	0,0162	0,0065	40,00%
Centro Ferretero San Agustin	0,20000	X	0,0162	0,0032	20,00%
ADITEC Ecuador	0,40000	X	0,0162	0,0065	40,00%
				2%	**100%**

Figura B 40. Flexibilidad - Aditivos

En la figura B41. Permisos Ambientales - Aditivos

PERMISOS AMBIENTALES	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador
Ferrisariato	1	2	1
Centro Ferretero San Agustin	0,5	1	0,5
ADITEC Ecuador	1	2	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	2,500	5,000	2,500

PERMISOS AMBIENTALES	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Ferrisariato	0,4000	0,4000	0,4000	**1,2000**
Centro Ferretero San Agustin	0,2000	0,2000	0,2000	**0,6000**
ADITEC Ecuador	0,4000	0,4000	0,4000	**1,2000**

PERMISOS AMBIENTALES	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} / n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Ferrisariato	0,40000	X	0,0455	0,0182	40,00%
Centro Ferretero San Agustin	0,20000	X	0,0455	0,0091	20,00%
ADITEC Ecuador	0,40000	X	0,0455	0,0182	40,00%
				5%	**100%**

Figura B 41. Permisos Ambientales - Aditivos

En la Figura B42. Gestión de Residuos - Aditivos

GESTIÓN DE RESIDUOS	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador
Ferrisariato	1	2	0,5
Centro Ferretero San Agustin	0,5	1	0,333333333
ADITEC Ecuador	2	3	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	3,500	6,000	1,833

GESTIÓN DE RESIDUOS	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Ferrisariato	0,2857	0,3333	0,2727	**0,8918**
Centro Ferretero San Agustin	0,1429	0,1667	0,1818	**0,4913**
ADITEC Ecuador	0,5714	0,5000	0,5455	**1,6169**

GESTIÓN DE RESIDUOS	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} / n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Ferrisariato	0,29726	X	0,0220	0,0065	29,73%
Centro Ferretero San Agustin	0,16378	X	0,0220	0,0036	16,38%
ADITEC Ecuador	0,53896	X	0,0220	0,0119	53,90%
				2%	**100%**

Figura B 42. Gestión de Residuos - Aditivos

En la figura B43 Transporte SOS. - Aditivos

TRANSPORTE SOSTENIBLE	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador
Ferrisariato	1	1	0,5
Centro Ferretero San Agustin	1	1	0,5
ADITEC Ecuador	2	2	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	4,000	4,000	2,000

TRANSPORTE SOSTENIBLE	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Ferrisariato	0,2500	0,2500	0,2500	**0,7500**
Centro Ferretero San Agustin	0,2500	0,2500	0,2500	**0,7500**
ADITEC Ecuador	0,5000	0,5000	0,5000	**1,5000**

TRANSPORTE SOSTENIBLE	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Ferrisariato	0,25000	X	0,0111	0,0028	25,00%
Centro Ferretero San Agustin	0,25000	X	0,0111	0,0028	25,00%
ADITEC Ecuador	0,50000	X	0,0111	0,0056	50,00%
				1%	**100%**

Figura B 43. Transporte SOS. - Aditivos

En la figura B44. Buenas prácticas Ambientales - Aditivos

BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador
Ferrisariato	1	2	0,5
Centro Ferretero San Agustin	0,5	1	0,333333333
ADITEC Ecuador	2	3	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	3,500	6,000	1,833

BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Ferrisariato	0,2857	0,3333	0,2727	**0,8918**
Centro Ferretero San Agustin	0,1429	0,1667	0,1818	**0,4913**
ADITEC Ecuador	0,5714	0,5000	0,5455	**1,6169**

BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij}/n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Ferrisariato	0,29726	X	0,0060	0,0018	29,73%
Centro Ferretero San Agustin	0,16378	X	0,0060	0,0010	16,38%
ADITEC Ecuador	0,53896	X	0,0060	0,0032	53,90%
				1%	**100%**

Figura B 44. Buenas prácticas Ambientales - Aditivos

En la figura B45. Precio de venta - Agua

PRECIO DE VENTA	Agua de regadio	Sipragua Tanqueros	EMAPA-L EP Tanqueros
Agua de regadio	1	3	5
Sipragua Tanqueros	0,33333	1	2
EMAPA-L EP Tanqueros	0,2	0,5	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	1,533	4,500	8,000

PRECIO DE VENTA	Agua de regadio	Sipragua Tanqueros	EMAPA-L EP Tanqueros	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Agua de regadio	0,6522	0,6667	0,6250	**1,9438**
Sipragua Tanqueros	0,2174	0,2222	0,2500	**0,6896**
EMAPA-L EP Tanqueros	0,1304	0,1111	0,1250	**0,3665**

PRECIO DE VENTA	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} / n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Agua de regadio	0,64795	X	0,4130	0,2676	64,79%
Sipragua Tanqueros	0,22987	X	0,4130	0,0949	22,99%
EMAPA-L EP Tanqueros	0,12218	X	0,4130	0,0505	12,22%
				41%	**100%**

Figura B 45. Precio de venta - Agua

En la Figura B46. Condiciones de pago - Agua

CONDICIONES DE PAGO	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador
Ferrisariato	1	2	1
Centro Ferretero San Agustin	0,5	1	0,5
ADITEC Ecuador	1	2	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	2,500	5,000	2,500

CONDICIONES DE PAGO	Ferrisariato	Centro Ferretero San Agustin	ADITEC Ecuador	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Ferrisariato	0,4000	0,4000	0,4000	**1,2000**
Centro Ferretero San Agustin	0,2000	0,2000	0,2000	**0,6000**
ADITEC Ecuador	0,4000	0,4000	0,4000	**1,2000**

CONDICIONES DE PAGO	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} / n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Ferrisariato	0,40000	X	0,1377	0,0551	40,00%
Centro Ferretero San Agustin	0,20000	X	0,1377	0,0275	20,00%
ADITEC Ecuador	0,40000	X	0,1377	0,0551	40,00%
				14%	**100%**

Figura B 46. Condiciones de pago - Agua

En la figura B47. Calidad - Agua

CALIDAD DEL MATERIAL	Agua de regadio	Sipragua Tanqueros	EMAPA-L EP Tanqueros
Agua de regadio	1	0,5	0,25
Sipragua Tanqueros	2	1	0,5
EMAPA-L EP Tanqueros	4	2	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	7,000	3,500	1,750

CALIDAD DEL MATERIAL	Agua de regadio	Sipragua Tanqueros	EMAPA-L EP Tanqueros	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Agua de regadio	0,1429	0,1429	0,1429	**0,4286**
Sipragua Tanqueros	0,2857	0,2857	0,2857	**0,8571**
EMAPA-L EP Tanqueros	0,5714	0,5714	0,5714	**1,7143**

CALIDAD DEL MATERIAL	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} / n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Agua de regadio	0,14286	X	0,1680	0,0240	14,29%
Sipragua Tanqueros	0,28571	X	0,1680	0,0480	28,57%
EMAPA-L EP Tanqueros	0,57143	X	0,1680	0,0960	57,14%
				17%	**100%**

Figura B 47. Calidad - Agua

En la figura B48. Disponibilidad - Agua

DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL	Agua de regadio	Sipragua Tanqueros	EMAPA-L EP Tanqueros
Agua de regadio	1	4	2
Sipragua Tanqueros	0,25	1	0,333333333
EMAPA-L EP Tanqueros	0,5	3	1
$\sum_{i=1}^{n} a_{ij}$.	1,750	8,000	3,333

DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL	Agua de regadio	Sipragua Tanqueros	EMAPA-L EP Tanqueros	$\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}$.
Agua de regadio	0,5714	0,5000	0,6000	**1,6714**
Sipragua Tanqueros	0,1429	0,1250	0,1000	**0,3679**
EMAPA-L EP Tanqueros	0,2857	0,3750	0,3000	**0,9607**

DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL	$\sum_{j=1}^{n} a'_{ij} / n$	Multiplcacion	Prioridad del Subcriterio	Prioridad General	Prioridad %
Agua de regadio	0,55714	X	0,0560	0,0312	55,71%
Sipragua Tanqueros	0,12262	X	0,0560	0,0069	12,26%
EMAPA-L EP Tanqueros	0,32024	X	0,0560	0,0179	32,02%
				6%	**100%**

Figura B 48. Disponibilidad - Agua

Anexo C. Herramienta de puntuación (Saty)

1. DATOS DEL EXPERTO

Nombre: _____

- Profesión / Cargo: _____
- Institución: _____
- Años de experiencia: _____

2. OBJETIVO DEL INSTRUMENTO

El presente instrumento tiene como finalidad determinar la importancia relativa de los criterios y subcriterios utilizados en la evaluación de proveedores de la Hormigonera Cotopaxi, mediante el método de Análisis Jerárquico de Procesos (AHP).

3. INSTRUCCIONES

A continuación, se presentan comparaciones entre pares de criterios y posteriormente la comparación entre pares de subcriterios.

Para cada caso:

- Seleccione cuál criterio o subcriterio considera más importante
- Indique el grado de importancia utilizando la escala de Saaty

4. ESCALA DE VALORACIÓN

Calificación Numérica	Escala Verbal de la Preferencia	Definición
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	Moderada importancia de un elemento sobre otro
5	Importancia grande	Importancia fuerte de un elemento sobre otro.
7	Importancia muy grande	Importancia demostrada de un elemento sobre otro.
9	Importancia extrema	Importancia absoluta de un elemento sobre otro
2, 4, 6 y 8	Valores intermedios	Se emplean para expresar preferencias que se encuentran entre dos de las anteriormente indicadas.
Calificación Numérica	**Escala Verbal de la Preferencia**	**Definición**
2	Igual – Moderada	Importancia entre igual y moderada de un elemento sobre otro.
4	Moderada – Fuerte	Importancia entre moderada y fuerte de un elemento sobre otro.
6	Fuerte – Muy Fuerte	Importancia entre fuerte y muy fuerte de un elemento sobre otro.
8	Muy Fuerte – Extrema	Importancia entre muy fuerte y extrema de un elemento sobre otro.

5. NOTA ACLARATORIA

- Si ambos criterios o subcriterios tienen igual importancia → asignar valor **1**
- Si uno es más importante → seleccionar y asignar **3, 5, 7 o 9**
- Puede utilizar valores intermedios según su criterio

6. COMPARACIÓN DE CRITERIOS POR PARES

A continuación, se presentan los criterios que serán utilizados para la evaluación y selección de proveedores de materias primas de la Hormigonera Cotopaxi, los cuales permiten analizar aspectos clave relacionados con el desempeño, calidad y cumplimiento dentro del proceso de abastecimiento.

Instrucción:

Marque con una (X) el criterio que considere más importante en cada comparación y asigne un valor de intensidad en la escala de 1 a 9, donde 1 indica igual importancia y 9 indica Importancia extrema.

Criterio de Comparación	Más importante		Intensidad (1–9)
Económico vs Técnico	☐ Económico	☐ Técnico	
Económico vs Logístico	☐ Económico	☐ Logístico	
Económico vs Ambiental	☐ Económico	☐ Ambiental	
Técnico vs Logístico	☐ Técnico	☐ Logístico	
Técnico vs Ambiental	☐ Técnico	☐ Ambiental	
Logístico vs Ambiental	☐ Logístico	☐ Ambiental	

6.1 CRITERIOS DEFINIDOS

Para facilitar la evaluación, se describen los criterios considerados dentro del proceso de selección de proveedores:

1) **Económico:** relacionado con los costos asociados a la adquisición de materias primas y las condiciones de pago ofrecidas por el proveedor.
2) **Técnico:** enfocado en la calidad del material y la disponibilidad del proveedor para garantizar el abastecimiento continuo.

3) **Logístico:** comprende aspectos relacionados con el transporte, el tiempo de entrega y la flexibilidad del proveedor frente a cambios en los requerimientos.

4) **Medioambiente:** vinculado al cumplimiento de normativas ambientales, gestión de impactos y responsabilidad ambiental del proveedor, considerando riesgos legales, sanciones y sostenibilidad del proceso productivo.

7. COMPARACIÓN DE SUBCRITERIOS POR PARES

A continuación, se presentan los subcriterios considerados en la evaluación, los cuales se encuentran integrados dentro de cada uno de los criterios previamente definidos, permitiendo un análisis más detallado de aspectos clave relacionados con el desempeño, la calidad y el cumplimiento dentro del proceso de abastecimiento.

Instrucción:

Marque con una (X) el subcriterio que considere más importante en cada comparación y asigne un valor de intensidad en la escala de 1 a 9, donde 1 indica igual importancia y 9 indica importancia extrema.

1) SUBCRITERIOS ECONÓMICOS

Criterio de Comparación	Más importante	Intensidad (1–9)
Precio vs Condiciones de pago	☐ Precio ☐ Condiciones de pago	

2) SUBCRITERIOS TÉCNICOS

Criterio de Comparación	Más importante	Intensidad (1–9)
Calidad vs Disponibilidad	☐ Calidad ☐ Disponibilidad	

3) SUBCRITERIOS LOGÍSTICOS

Criterio de Comparación	Más importante	Intensidad (1–9)
Transporte vs Tiempo de entrega	☐ Transporte ☐ Tiempo de entrega	
Transporte vs Flexibilidad	☐ Transporte ☐ Flexibilidad	
Tiempo de entrega vs Flexibilidad	☐ Tiempo de entrega ☐ Flexibilidad	

4) SUBCRITERIOS AMBIENTALES

Criterio de Comparación	Más importante	Intensidad (1–9)
Permisos ambientales **vs** Gestión de residuos	☐ Permisos ☐ Gestión de residuos	
Permisos ambientales **vs** Transporte sostenible	☐ Permisos ☐ Transporte sostenible	
Permisos ambientales **vs** Buenas prácticas ambientales	☐ Permisos ☐ Buenas prácticas	
Gestión de residuos **vs** Transporte sostenible	☐ Gestión de residuos ☐ Transporte sostenible	
Gestión de residuos **vs** Buenas prácticas ambientales	☐ Gestión de residuos ☐ Buenas prácticas	
Transporte sostenible **vs** Buenas prácticas ambientales	☐ Transporte sostenible ☐ Buenas prácticas	

7.1 SUBCRITERIOS DEFINIDOS

Para facilitar la evaluación, se describen los subcriterios considerados dentro de cada criterio del proceso de selección de proveedores:

1) <u>Económico</u>

- **a) Precio del material**: corresponde al valor unitario de las materias primas ofertadas por el proveedor, influyendo directamente en los costos de producción.
- **b) Condiciones de pago:** hace referencia a los plazos, facilidades de crédito y modalidades de pago establecidas por el proveedor.

2) <u>Técnico</u>

- **a) Calidad del material:** se relaciona con el cumplimiento de las especificaciones técnicas requeridas para la producción de hormigón.
- **b) Disponibilidad:** representa la capacidad del proveedor para asegurar el abastecimiento continuo de los materiales requeridos.

3) <u>Logístico</u>

- **a) Transporte:** se refiere a los medios y condiciones utilizados para el traslado de los materiales desde el proveedor hasta la planta, considerando además si el proveedor

asume la responsabilidad de la entrega directa en la empresa o si el transporte debe ser gestionado por el comprador.

b) **Tiempo de entrega: c**orresponde al periodo necesario para la entrega de los materiales desde la solicitud hasta su recepción.

c) **Flexibilidad:** representa la capacidad del proveedor para adaptarse a cambios en los volúmenes o condiciones del pedido.

4) **Medioambiente**

a) **Permisos ambientales:** hace referencia a la posesión de autorizaciones legales necesarias para la operación del proveedor.

b) **Gestión de residuos:** se relaciona con el manejo adecuado de desechos generados durante sus procesos productivos.

c) **Transporte sostenible:** considera el uso de prácticas que reduzcan el impacto ambiental en la logística de distribución.

d) **Buenas prácticas ambientales:** incluye acciones orientadas a la protección del medio ambiente y cumplimiento de estándares de sostenibilidad.

8. OBSERVACIONES