

**MODELO GERENCIAL PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE
INSTALACIONES FÍSICAS EN ÁREAS ADMINISTRATIVAS Y RESIDENCIALES
DEL CAMPO EL CENTRO DE LA GERENCIA REGIONAL MAGDALENA MEDIO
DE ECOPETROL S.A.**

**YASSABELL MARTÍNEZ ACEVEDO
DAVID ANDRÉS ARÉVALO MUÑOZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
ESPECIALIZACIÓN EN EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS
BUCARAMANGA
2010**

**MODELO GERENCIAL PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE
INSTALACIONES FÍSICAS EN ÁREAS ADMINISTRATIVAS Y RESIDENCIALES
DEL CAMPO EL CENTRO DE LA GERENCIA REGIONAL MAGDALENA MEDIO
DE ECOPETROL S.A.**

**YASSABELL MARTÍNEZ ACEVEDO
DAVID ANDRÉS ARÉVALO MUÑOZ**

**Monografía para optar al título de
Especialista en Evaluación y Gerencia de Proyectos**

**Director:
CARLOS RAMÓN GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
ESPECIALIZACIÓN EN EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS
BUCARAMANGA
2010**

Dedico con amor infinito este honesto trabajo:

A mi esposa Lina quien se consagra como mi musa e inspiración,

*A nuestros hijos Alejandra, Juanes y Santiago
Quienes son el mar donde desembocan mis más hermosos sentimientos.*

*A mis queridos padres Luis David y Olga, en compañía de mis
Fraternos hermanos José, Juancho y Fabián.*

A Dios por sus gracias concedidas.

DAVID

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Al cuerpo docente y directivo que forman parte de la Universidad Industrial de Santander, en especial de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, por su excelente gestión en la formación de especialistas en Evaluación y Gerencia de Proyectos.

Al ingeniero Carlos Ramón González y su señora esposa Carmen Gelvez, por su acertada orientación e impulso durante la dirección de la monografía.

A los funcionarios de la Dirección de Abastecimiento de Ecopetrol, quienes hicieron posible mediante su apoyo y confianza la realización del presente trabajo de grado.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. INSTALACIONES EL CENTRO	17
1.1 RESEÑA HISTÓRICA.	17
1.2 ORGANIGRAMA	22
1.3 EDIFICACIONES E INFRAESTRUCTURA DEL CAMPO EL CENTRO	23
1.4 OTROS PROYECTOS	23
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
2.1 IDENTIFICACIÓN	24
2.2 DESCRIPCIÓN	25
2.3 FORMULACIÓN	27
2.4 ALCANCE – LIMITACIONES	30
2.5 JUSTIFICACIÓN	31
2.6 OBJETIVOS	32
2.6.1 GENERAL	32
2.6.2 ESPECÍFICOS	32
3. CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO	34
3.1 GENERALES	34
3.2 COSTOS EN MANTENIMIENTO DE EDIFICACIONES	39
4. DIAGNOSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES.	43
4.1 DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO ACTUALES	43
4.2 DIAGNÓSTICO DE EDIFICACIONES RESIDENCIALES Y ADMINISTRATIVAS DE EL CENTRO ECOPETROL	46
4.3 DIAGNÓSTICO POR ELEMENTOS	57
4.4 ANÁLISIS DE LAS CAUSAS DE FALLA REITERATIVAS	77
4.5 ACTIVIDADES REITERATIVAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	79
5. ANALISIS Y EVALUACIÓN DE COSTOS	81
5.1 COSTOS DE LAS ACTIVIDADES MÁS REPRESENTATIVAS	84
5.2 RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA EL MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES	87
6. MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE INSTALACIONES	90
6.1 MARCO CONCEPTUAL DEL MODELO	90
6.2 GESTIÓN DE ACTIVOS	92
6.3 DESARROLLO SOSTENIBLE DEL MODELO DE MANTENIMIENTO	

PREVENTIVO	92
6.4 PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO E IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO	94
6.5 EL COSTO DEL CICLO DE VIDA EN EL MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	95
6.6 MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	99
6.7 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	100
7. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL MODELO	103
7.1 INVERSIONES	103
7.2 COSTOS Y GASTOS OPERACIONALES	105
7.2.1 COSTOS DIRECTOS	105
7.2.2 COSTOS INDIRECTOS	105
7.2.3 GASTOS INDIRECTOS	106
7.3 DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN	107
7.4 FLUJOS DEL PROYECTO	107
7.4.1 INGRESOS	108
7.4.2 INGRESOS NO OPERACIONALES	108
7.4.3 ESTADO DE RESULTADOS	108
7.4.4 FUENTES Y USOS	110
7.4.5 FLUJO DEL PROYECTO	110
7.5 EVALUACIÓN DEL PROYECTO	113
7.5.1 FLUJO DE CAJA.	113
7.5.2 VALOR PRESENTE NETO (VPN).	114
7.5.3 TASA INTERNA DE RETORNO TIR.	114
7.5.4 RELACIÓN COSTO - BENEFICIO.	115
8. MARCO LEGAL DEL PROYECTO	116
8.1 NORMATIVIDAD URBANÍSTICA	116
8.2 NORMATIVIDAD AMBIENTAL	121
8.3 LIMITACIONES DEL PROYECTO	123
CONCLUSIONES	126
BIBLIOGRAFIA	129
WEBGRAFIA	131

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Fotografía satelital campo de Producción El Centro ECOPETROL	21
Figura 2. Organigrama Dirección de Abastecimiento de Bienes y Servicios	22
Figura 3. Árbol de Problemas (Causas y Efectos)	29
Figura 4. Árbol de Objetivos (Medios y Fines)	29
Figura 5. Diagrama del proceso actual de mantenimiento de instalaciones	45
Figura 6. Determinación del mantenimiento correctivo en edificaciones del campo El Centro	79
Figura 7. Diagrama comparativo de actividades de mantenimiento menor para el año 2009	83
Figura 8. Diagrama de distribución del costo de mantenimiento por áreas para el 2009.	83
Figura 9. Distribución porcentual del costo de mantenimiento por actividad para el año 2009.	86
Figura 10. Ciclo de Vida del Activo.	92
Figura 11. Proceso de Coste del Ciclo de Vida del Activo.	94
Figura 12. Modelo del Coste del Ciclo de Vida del Activo.	98
Figura 13. Modelo Gerencial de Mantenimiento Preventivo Campo El Centro.	99
Figura 14. Estrategia de mantenimiento preventivo.	102
Figura 15. Flujo de caja de la situación actual Con Proyecto	114

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Encuesta de satisfacción del cliente 2009	25
Tabla 2. Barrios de funcionarios de Ecopetrol (25 de Agosto y El Prado)	47
Tabla 3. Barrios no ocupados (Pueblo Nuevo y Pueblo Regao)	48
Tabla 4. Campamentos 2454, 2555, 2556 y 2557	50
Tabla 5. Campamentos 575, 2105 y 2405	51
Tabla 6. Bloques de oficinas generales	52
Tabla 7. Casino Directivo	53
Tabla 8. Hospital El Centro	54
Tabla 9. Resumen del diagnóstico por elementos: Cimientos	58
Tabla 10. Resumen del diagnóstico por elementos: Red sanitaria	59
Tabla 11. Resumen del diagnóstico por elementos: Pisos	60
Tabla 12. Resumen del diagnóstico por elementos: Muros	61
Tabla 13. Resumen del diagnóstico por elementos: Enchapes	62
Tabla 14. Resumen del diagnóstico por elementos: Aparatos sanitarios	63
Tabla 15. Resumen del diagnóstico por elementos: Pintura interior	64
Tabla 16. Resumen del diagnóstico por elementos: Cielo raso	65
Tabla 17. Resumen del diagnóstico por elementos: Puertas	66
Tabla 18. Resumen del diagnóstico por elementos: Marcos ventana	67
Tabla 19. Resumen del diagnóstico por elementos: Anjeos	68
Tabla 20. Resumen del diagnóstico por elementos: Cocina	69
Tabla 21. Resumen del diagnóstico por elementos: Closets	70
Tabla 22. Resumen del diagnóstico por elementos: Refrigeración	71
Tabla 23. Resumen del diagnóstico por elementos: Estructura	72
Tabla 24. Resumen del diagnóstico por elementos: Redes internas	74
Tabla 25. Resumen del diagnóstico por elementos: Cubiertas	76
Tabla 26. Resumen del diagnóstico por elementos: Fachadas	77
Tabla 27. Causalidad de fallas en edificaciones del campo El Centro.	78
Tabla 28. Costos contratos de mantenimiento menor año 2009	82
Tabla 29. Costos de las actividades más representativas	84
Tabla 30. Recomendaciones técnicas para el mantenimiento de instalaciones El Centro	87
Tabla 31. Etapas a considerar en el Modelo de Gestión de Mantenimiento	91
Tabla 32. Escenarios existentes en el modelo de mantenimiento preventivo	96
Tabla 33. Obras civiles	104
Tabla 34. Inversión Diferida	104
Tabla 35. Inversión total (miles de pesos)	105
Tabla 36. Apoyo operacional calificado	106
Tabla 37. Costos y gastos operacionales	107
Tabla 38. Depreciación y amortización	107

Tabla 39. Ahorro en costos de operación	108
Tabla 40. Estado de resultados	109
Tabla 41. Fuentes y Usos del Proyecto	110
Tabla 42. Flujo de Caja de la situación actual (Sin Proyecto)	111
Tabla 43. Flujo de Caja de la situación Con Proyecto	113
Tabla 44. Cálculo del VPN para Costo y Beneficio	115

RESUMEN

TITULO: MODELO GERENCIAL PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE INSTALACIONES FÍSICAS EN ÁREAS ADMINISTRATIVAS Y RESIDENCIALES DEL CAMPO EL CENTRO DE LA GERENCIA REGIONAL MAGDALENA MEDIO DE ECOPETROL S.A.*

AUTORES: MARTINEZ ACEVEDO, Yassabell. Gestor Empresarial.
AREVALO MUÑOZ, David Andrés. Ingeniero Civil.**

PALABRAS CLAVES: Modelo Gerencial para el Mantenimiento Preventivo Edificaciones.

DESCRIPCIÓN:

La presente monografía responde la necesidad de una problemática basada en la mala planeación del mantenimiento de edificaciones en el campo El Centro y en general en todas las instalaciones de Ecopetrol S.A.

Los autores proponen el diseño de un modelo de mantenimiento preventivo que permita optimizar los costos de mantenimiento a través de una adecuada gestión de activos que permita la preservación de los inmuebles y se disminuyan los tiempos de respuesta hacia los clientes internos del servicio de mantenimiento. El proceso de diseño del modelo se llevó a cabo de manera sistemática con la realización de un diagnóstico general; posteriormente un análisis de causalidad de fallas y reconocimiento de actividades críticas impactantes. Finalmente se hizo la construcción del modelo basada en el coste del ciclo de vida y la aplicación de los conceptos básicos de la gestión de activos y la teoría de Sitter.

De la evaluación financiera se proyecta una inversión requerida para la puesta en marcha de la estrategia de mantenimiento por valor de \$9.870.000.000; valor que se puede recuperar en el año 3, teniendo una proyección de mínimo 10 años de vida útil, además se tiene una TIR mayor que la tasa de oportunidad y un VPN positivo, indicando que es un proyecto viable.

* Monografía.

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas.- Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.- Especialización en Evaluación y Gerencia de Proyectos.- Director: Carlos Ramón González Bohórquez – Ingeniero Mecánico.

SUMMARY

I TITLE: MANAGEMENT MODEL FOR THE PREVENTIVE MAINTENANCE OF BUILDINGS IN ADMINISTRATIVE AND RESIDENTIAL AREAS OF CAMP EL CENTRO OF THE GERENCIA REGIONAL MAGDALENA MEDIO DE ECOPETROL S.A.*

AUTHORS: MARTINEZ ACEVEDO, Yassabell. Business manager.
AREVALO MUÑOZ, David Andrés. Civil engineer.**

KEY WORDS: Management model of preventive maintenance of buildings.

DESCRIPTION:

This monograph answers the need for a problem based on the poor planning of building maintenance in the camp El Centro and in general all the facilities of Ecopetrol S.A.

The authors propose the design of a preventive maintenance model for optimizing maintenance costs through proper asset management that allows the preservation of buildings and reduce response times to internal customers of the maintenance service. The model design process was carried out systematically with the realization of a general diagnosis; Then a failure causation analysis and recognition of critical activities impacting. Finally, we made model building based on life cycle cost and application of the basic concepts of asset management and the theory of Sitter.

Financial evaluation of investment projects required for implementation of the strategy of keeping the amount of \$ 9,870,000,000, value can be recovered in year 3, taking a projection of at least 10 years of useful life, also have an TIR greater than the rate of opportunity and a positive VPN, indicating that it is a viable Project.

* Monografía.

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas.- Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.- Especialización en Evaluación y Gerencia de Proyectos.- Director: Carlos Ramón González Bohórquez – Ingeniero Mecánico.

INTRODUCCIÓN

En el marco del plan estratégico 2010 de la Dirección de Abastecimiento de Bienes y Servicios (DAB) de ECOPETROL S.A., se tiene como uno de los objetivos estratégicos, asegurar la satisfacción interna en la prestación de los Servicios Administrativos. Como un mecanismo para medir la percepción de los clientes internos frente a la calidad y oportunidad de los Servicios Administrativos y detectar los puntos neurálgicos sobre los cuales incorporar mejoras en la prestación de los servicios, se llevó a cabo una encuesta de satisfacción de usuarios, en la cual se detectaron diversos aspectos a mejorar en la prestación de servicio de transporte de personal; alimentación en casinos y el mantenimiento de instalaciones entre otros.

Uno de los hitos principales del plan de optimización de los Servicios Administrativos de la empresa es la incorporación del mantenimiento preventivo de instalaciones como uno de los aspectos llamados a mejorar. El análisis previo del problema, sugiere la necesidad de optimizar la ejecución del proceso de mantenimiento en las edificaciones de ECOPETROL S.A., que año tras año han venido siendo objeto de intervención no planeada, sin considerar las causas básicas que afectan el buen funcionamiento de las instalaciones físicas y la depreciación de los activos físicos de la compañía.

Derivado de lo anteriormente expuesto, la Dirección de Abastecimiento de Bienes y Servicios (DAB) decidió poner en marcha un plan de mantenimiento preventivo en edificaciones nunca antes realizado en ECOPETROL, en concordancia con los objetivos del Programa de Infraestructura¹ y el Proyecto de Vulnerabilidad Sísmica² que fueron puestos en marcha desde el año 2007. La idea del plan de

¹ El Programa de Infraestructura incorpora las necesidades de mejoramiento y modernización de la Planta Física de ECOPETROL S.A.

² El Proyecto de Vulnerabilidad Física atiende los requerimientos de la norma sismo resistente NSR-98.

mantenimiento preventivo es tomar de los conceptos esenciales de la Gerencia del Mantenimiento, las buenas prácticas que se puedan aplicar en el mantenimiento menor de las instalaciones físicas de la empresa, el mantenimiento correctivo y el mantenimiento preventivo.

La propuesta que se plantea en el presente estudio es el diseño de un modelo gerencial para implementar un plan de mantenimiento en las diferentes instalaciones y edificaciones de ECOPETROL partiendo de las necesidades del campo de producción el Centro como un piloto extensible al resto de la Organización, cuya meta principal, es sentar las bases metodológicas para la preservación y buen funcionamiento de los bienes inmuebles a un menor costo que el actual, revalorizando los activos fijos de la compañía y mejorando la oportunidad en los tiempos de respuesta de las solicitudes del cliente interno.

2. INSTALACIONES EL CENTRO

1.1 RESEÑA HISTÓRICA.

El campo de producción El Centro, es uno de los campos pertenecientes a la Gerencia Regional Magdalena Medio (GMM) de la Vicepresidencia de Producción de ECOPETROL S.A., dedicado a la producción de hidrocarburo desde 1917. Al campo se llega por tierra desde la ciudad de Bucaramanga tomando la vía que conduce al municipio de Barrancabermeja y desviando a la altura de "la Lizama" por la troncal del Magdalena Medio o troncal de la paz hasta el desvío a Yarima. El campo se encuentra ubicado geográficamente a 22 kilómetros del municipio de Barrancabermeja en jurisdicción del corregimiento El Centro, Departamento de Santander, con coordenadas geográficas de latitud 6° 55´ y longitud 73° 45´. Cuenta con una extensión aproximada de 162 kilómetros cuadrados en terrenos sinuosos sobre una formación anticlinal denominada Infantas. (Ver figura N° 1)

Históricamente el campo de producción El Centro fue el primer campo de explotación petrolera en Colombia. Desde su fundación en 1921 por la entonces Tropical Oil Company – TROCO, se dio inicio a la construcción de toda una infraestructura petrolera que abarcaba desde vías de comunicación hasta instalaciones industriales petroleras propias de la época.

El nacimiento del campo trajo consigo la movilización de trabajadores y equipos, convirtiendo la zona en polo de desarrollo industrial para el país. Para atender las necesidades del campo conforme su crecimiento a lo largo de todos estos años, fue necesario construir toda la infraestructura constituida por oficinas, campamentos, barrios, hospital, casino, teatro, bodegas, talleres y por supuesto las estaciones y plantas de producción en áreas industriales, las cuales muchas de ellas aún se conservan.

Para 1921 existía un pequeño caserío de madera en el que se destacaban las viviendas de los empleados americanos y colombianos; campamentos para obreros, edificio para oficinas, casino americano, comisariato, hospital, botica y atención de enfermería. Estaba al servicio un carretable de 38 kilómetros que comunicaba el campo con Barrancabermeja.

A medida que pasaba el tiempo y proseguían los trabajos de perforación fueron surgiendo nuevos campos, que contaban con los servicios e instalaciones similares a los existentes en infantas, así se levantaron los campos 21 y 23. Alrededor perforaron los campos 13 y 18.

A partir de 1924 El Centro se transformó poco a poco en una ordenada aglomeración de viviendas, talleres y facilidades que fueron modelando una pequeña ciudad con todas las comodidades. Para el año 1926 empezó el funcionamiento de un pequeño hospital ubicado en una de las dependencias de El Centro.

En El Centro funcionaban varios casinos contratados inicialmente y luego atendidos por la empresa. El servicio telefónico se inició desde infantes y casi 40 años antes de que Barrancabermeja lo tuviera. Desde muy temprano se estableció el telégrafo, puesto de correos localizado al lado de la oficina de personal, cuartel y dos clubes para la recreación del personal.

Se contaba con barrios de staff construidos a partir de 1926, en donde se manejaba una aldea poblada de pequeñas y atractivas casas manufacturadas en serie. También se contaban con barrios de trabajadores como el barrio la iglesia, la escuela, el hoyo, el alto, la isla y Alfonso López, en donde se alcanzaron a alojar cerca de 300 familias.

El desarrollo del campo trajo consigo el crecimiento de las instalaciones, un mayor número de construcciones para albergar a nuevos trabajadores, nuevas vías de acceso, instalación de redes eléctricas, hidráulicas, sanitarias y de gas natural, entre otras. La población del campo fue creciendo paulatinamente con el establecimiento de trabajadores con sus respectivas familias y la población atraída por el auge de trabajo en la región, conformándose un ente territorial constituido como corregimiento del municipio de Barrancabermeja. Se construyeron cientos de viviendas en madera, que fueron asignadas al personal directivo de la compañía y adecuadas para el clima propio de la región.

En el año 1928 se construyó casa loma, residencia que se destinó para el Gerente General y que hoy en día se usa para alojamiento de visitantes ilustres. Con una

arquitectura colonial norteamericana, la casa se edificó con un amplio vestíbulo, circundantes pasillos y esplendidas habitaciones dotadas de muebles importados.

La compañía nunca escatimó recursos ni erogación alguna en la adecuación de los territorios y en la creación de un hospital digno de cualquier importante ciudad de la república. El hospital de El Centro llegó a adquirir un vasto renombre en Colombia por ser uno de los mejor dotados y poseer el más idóneo cuerpo científico, teniendo una capacidad para 150 camas y poseía un instrumental completo para cirugía, curaciones y una moderna instalación de rayos X. Cercano al hospital, en la zona norte, se construyó el barrio El Prado para dar alojamiento a 30 familias.

En El Centro se construyeron nuevas plantas eléctricas y de gas y nuevas oficinas de concreto para reemplazar las viejas edificaciones de madera que destruyó el fuego en 1957.

La influencia arquitectónica y estructural heredada de los estadounidenses después de la reversión de la Concesión de Mares en 1951, hoy en día se mantiene en la mayoría de edificaciones e instalaciones de tipo residencial y algunas bodegas. El uso de la madera como elemento predominante en las edificaciones, fue cambiado por el ladrillo que hoy en día aún permanece en la mayoría de fachadas de edificaciones.

Posteriormente, hacia los años 90's hubo una etapa de desaceleración con la caída en los volúmenes de producción de crudo, la cual condujo una reorganización y disminución de planta de personal que fue llevando a que muchas instalaciones fueran abandonadas y otras entregadas a la comunidad. En este período la inversión en mantenimiento también fue disminuida y no se efectuó la reposición de redes de agua potable y sanitaria de la gran mayoría de instalaciones. Ello condujo a la obsolescencia y deterioro de varios activos de

ECOPETROL, entre ellos los barrios Pueblo Nuevo, Pueblo Regao y el Casino antiguo (Casino 9). En cuanto a los barrios, se conservaron principalmente las edificaciones ubicadas en el 25 de agosto y El Prado. Las aulas de Capacitación y Hospital también fueron conservados al igual que las Oficinas Generales y el Casino Directivo a través de mantenimientos ocasionales.

Para dar conservación y mantenimiento de todas estas instalaciones, la dirección de la compañía encomendó al área de Servicios Administrativos la custodia y administración de las instalaciones a través de contratos con terceros encargados de atender todas las solicitudes del cliente interno concernientes a la reparación de daños y mantenimiento correctivo de las instalaciones.

Figura 1. Fotografía satelital campo de Producción El Centro ECOPETROL

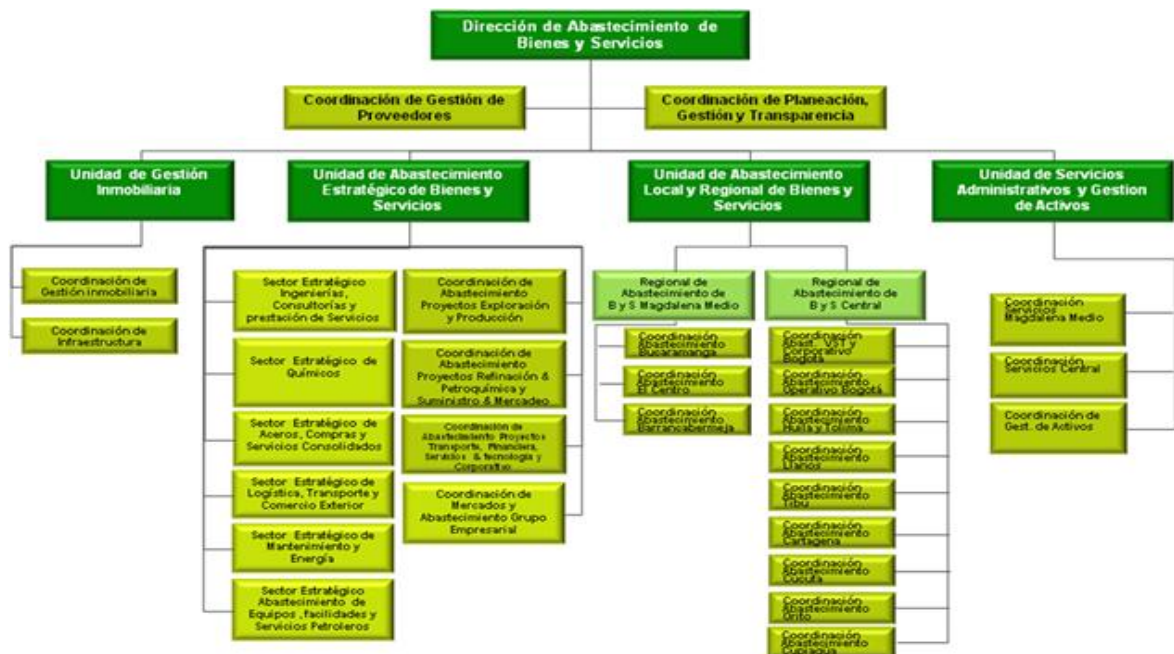


Fuente: Google Earth <http://earth.google.es/>

1.2 ORGANIGRAMA

El área de Servicios Administrativos perteneciente a la Unidad de Servicios Administrativos que a su vez hace parte de la Dirección de Abastecimiento de Bienes y Servicios DAB (Ver Organigrama Figura N° 2), tiene a su cargo entre otras actividades, el mantenimiento de edificaciones del campo El Centro de la Gerencia Regional Magdalena Medio de ECOPETROL S.A. Dicho mantenimiento consiste principalmente en obras de albañilería, fontanería, cerrajería, carpintería y en general todo tipo obras civiles cuya finalidad es la de corregir, reparar, restaurar, recuperar y adecuar todo espacio físico perteneciente a una edificación. El campo de acción del servicio de mantenimiento de instalaciones está delimitado operativamente por dos Superintencias, la de Operaciones de Mares (SOM) y la de Operaciones La Cira Infantas (SCI), ambas fusionadas en lo que hoy se constituye como campo El Centro.

Figura 2. Organigrama Dirección de Abastecimiento de Bienes y Servicios



Fuente: ECOPETROL <http://iris/>

1.3 EDIFICACIONES E INFRAESTRUCTURA DEL CAMPO EL CENTRO

Son muchas las instalaciones que hacen parte de los activos capitalizables al campo El Centro y sus dos Superintendencias (SOM y SCI), pero el presente estudio se concentrará en aquellas instalaciones de uso residencial y administrativo, por ser ellas objeto del alcance de mantenimiento por parte de los Servicios Administrativos que presta la Coordinación de Abastecimiento El Centro (CAC).

1.4 OTROS PROYECTOS

En la actualidad en ECOPETROL S.A. no cursan proyectos de mantenimiento preventivo en edificaciones. La experiencia con la cual dispone la empresa se enfoca principalmente al mantenimiento de los equipos aplicando los conceptos de Mantenimiento Productivo Total - TPM, Mantenimiento, Reliability y Confiabilidad – RCM y Optimización del Plan de Mantenimiento – PMO, cuyas prácticas son lideradas y puestas en funcionamiento a través de las distintas áreas de confiabilidad operacional de la empresa.

Existen también obras de “mantenimiento mayor” destinadas al mantenimiento de un área específica ó la construcción de nuevas edificaciones como por ejemplo las que hacen parte del Programa de infraestructura que como ya se había explicado, responden a la necesidad de modernización de la planta física y optimización de los espacios en ECOPETROL S.A. Otro ejemplo relacionado con los proyectos de mantenimiento de infraestructura en ECOPETROL son las obras de reforzamiento sísmico que como su nombre lo dice buscan el refuerzo estructural de las edificaciones.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 IDENTIFICACIÓN

Para la identificación del problema específico del mantenimiento de instalaciones, se tuvieron en cuenta diferentes características del servicio que fueron evaluadas a través de una encuesta de satisfacción del cliente interno. La encuesta de satisfacción de los usuarios de los Servicios Administrativos empleó una población representativa de funcionarios de ECOPETROL de todo el país, aplicando un modelo de evaluación de la percepción del usuario a través de preguntas enfocadas a la calidad y oportunidad de los Servicios Administrativos. Una vez aplicada la encuesta de satisfacción del cliente por parte del Centro Nacional de Consultoría³, se obtuvieron los resultados de satisfacción de usuarios mediante un procedimiento en el cual fueron calificadas una serie de características propias de la prestación del servicio durante la vigencia 2009, dando como resultado una tasa de mejoramiento.

La tasa de mejoramiento indica el nivel de insatisfacción del servicio para cada una de los atributos del servicio, tal y como se resume en la tabla 1.

³ Centro Nacional de Consultoría es una compañía de investigación y consultoría contratada anualmente por ECOPETROL para el desarrollo y aplicación de la encuesta de satisfacción de usuarios.

Tabla 1. Encuesta de satisfacción del cliente 2009

CARACTERÍSTICA MANTENIMIENTO GENERAL DE INSTALACIONES	TASA DE MEJORAMIENTO PROMEDIO
El cumplimiento del tiempo de respuesta a la solicitud del servicio	41
La apariencia general de las instalaciones	16
El mantenimiento preventivo	28
La actitud del servicio del personal que presta los servicios	2
El uso de los elementos de protección personal	4
La iluminación	7
El procedimiento claro para acceder al servicio	13
El uso de señales de prevención adecuadas	4
La limpieza de persianas y cortinas	5

De la tabla 1 se puede observar que los tres principales atributos que requieren un mejoramiento son el cumplimiento en el tiempo de respuesta, el mantenimiento preventivo y la apariencia general de las instalaciones.

Estos tres atributos están relacionados con la oportunidad y calidad del servicio y la falta de planeación de las actividades de mantenimiento, siendo esta última el foco para el análisis del problema tal como se describe a continuación.

2.2 DESCRIPCIÓN

- *Falta de planeación de trabajos de mantenimiento de instalaciones.* En desarrollo de las actividades de mantenimiento de las instalaciones del campo El Centro de ECOPETROL S.A., no se tiene implementado un procedimiento planeado y organizado para realizar el mantenimiento de las instalaciones y edificaciones. En la práctica actual el mantenimiento de edificaciones opera una vez se recibe la solicitud del usuario a causa de daños o averías en las instalaciones. No existe una planeación adecuada

de las actividades de mantenimiento con base en la cual se puedan programar los servicios y por ende no se lleva un control adecuado de costos y tiempos que permita hacer un eficiente el proceso.

- *Divergencias entre el presupuesto planeado y el presupuesto real.* Debido a la falta de planeación de las actividades de mantenimiento menor de instalaciones, el presupuesto anual que se tiene destinado para atender las necesidades del campo El Centro de ECOPETROL S.A., frecuentemente difiere del presupuesto real ejecutado para la misma vigencia. Esta diferencia tiene una tendencia al incremento, es decir, que el presupuesto real ejecutado generalmente es mayor al presupuesto planeado.
- *Procedimiento inadecuado para el control/seguimiento de las actividades de mantenimiento.* En muchos casos cuando existen diferentes actividades de mantenimiento que se ejecutan de manera simultánea, se evidencia la falta de control y de supervisión por parte de quienes detentan esta función⁴ para hacer cumplir los plazos, los costos y las especificaciones técnicas. Esto conlleva a que se ejecuten trabajos de mala calidad por debajo de especificaciones técnicas, mayores tiempos de ejecución, reprocesos de actividades y altos costos de mantenimiento entre otros.
- *Gastos de mantenimiento no controlados.* Ejecutar actividades que no son correctamente planificadas, organizadas y cuantificadas hace que no se pueda llevar un adecuado control del gasto de mantenimiento.
- *Largos tiempos de respuesta (Oportunidad del servicio).* La mayoría de usuarios del servicio se quejan por causa de las demoras en la atención de

⁴ Interventor o Gestor del contrato.

sus solicitudes; esto es originado por las razones expuestas en relación con la falta de planeación y priorización de las actividades.

2.3 FORMULACIÓN

El campo de producción El Centro, históricamente ostenta ser el primer sitio de explotación y producción de hidrocarburos en Colombia. Desde los primeros años de fundación y a medida que fueron creciendo las instalaciones petroleras se construyeron varias edificaciones que a lo largo de los años algunas permanecen hoy en pie. Debido a esta situación la gran mayoría de edificaciones han superado incluso el período de vida útil sin que se haya llevado a cabo un adecuado proceso de preservación y cuidado de sus instalaciones físicas.

El diagnóstico inicial llevado a cabo como parte del estudio realizado con el Programa de infraestructura, arrojó que existe gran obsolescencia arquitectónica y funcional de las edificaciones en diversas regiones del país y una de ellas es el campo de producción El Centro.

En la actualidad se tiene como reseña de información que el mantenimiento de edificaciones en el campo El Centro se hace una vez se denuncia una falla, es decir, que después de detectada la falla es cuando se aplica una acción correctiva.

La vida útil de las edificaciones está dada por su capacidad para atender las funciones para las cuales fueron diseñadas de manera segura y confiable. El uso que se le da a los edificios es un factor determinante en la conservación de sus instalaciones y por ello se ha establecido que mientras una edificación se encuentre habitada y posea un uso acorde con su funcionalidad, el ciclo de vida del inmueble puede perdurar en proporción al mantenimiento que éste reciba. No obstante, se observa que algunas edificaciones pese al mantenimiento correctivo que han recibido durante el período de vida útil, no poseen las mejores prácticas

de conservación que garanticen un equilibrio entre la funcionalidad de la edificación y las inversiones para la preservación de dichos activos físicos. Es por ello que el planteamiento de mantenimiento preventivo surge como una alternativa que permite el control de los gastos, minimizando las inversiones para la construcción de nuevas edificaciones y la recuperación de las existentes.

La proyección que se tiene actualmente en el campo de producción El Centro es que se produzca crudo por varios años más y mientras existan las condiciones macroeconómicas y el precio del barril sea sostenible para el negocio, es importante considerar una forma viable que permita mantener las edificaciones actuales en condiciones óptimas para su operación y descartar todas aquellas instalaciones que por su grado de deterioro y falta de funcionalidad represente mayores inversiones para su recuperación.

Sobre este tema ya se han realizado diversos estudios e incluso en ECOPETROL existe un programa de mantenimiento de equipos basado en confiabilidad pero no se tiene registro que en edificaciones se haya llevado a cabo un plan sistemático de conservación y recuperación. El problema plantea no una forma de solución sino un modelo y una metodología de mantenimiento preventivo, para aplicarlo en el caso específico de las edificaciones de tipo administrativo y residencial del campo de producción El Centro de ECOPETROL S.A.

El problema se plantea de manera esquemática en la figura N° 3. Aquí se aplica la metodología de árbol de problema para determinar las causas básicas y sus efectos más directos, sobre los cuales se proyectan los objetivos del presente estudio de monografía tal como se aprecia en la figura N° 4.

Figura 3. Árbol de Problemas (Causas y Efectos)

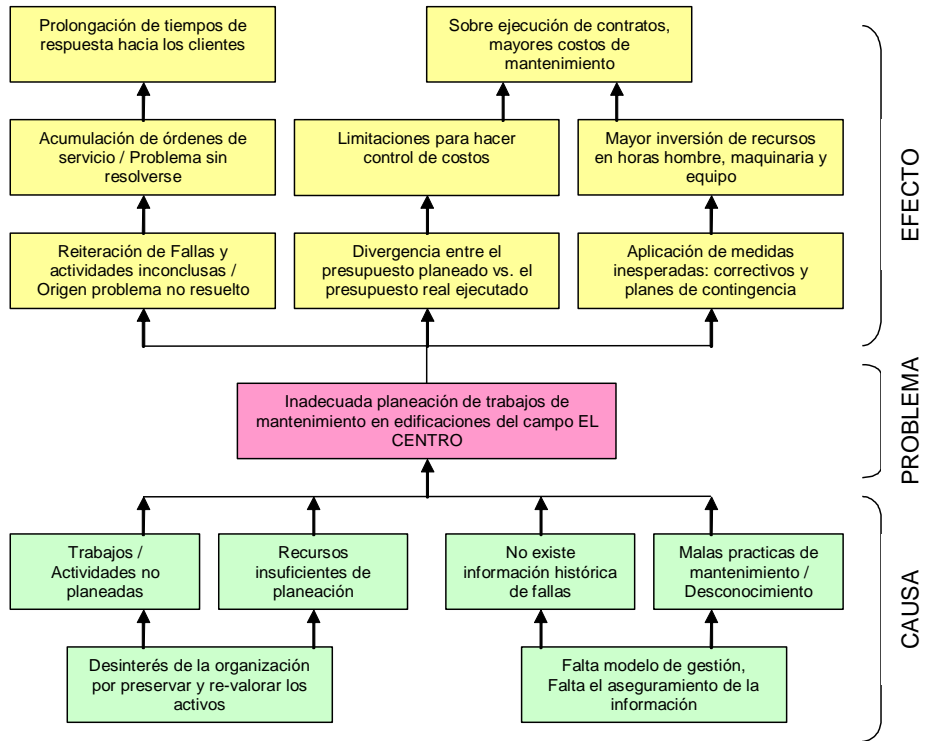
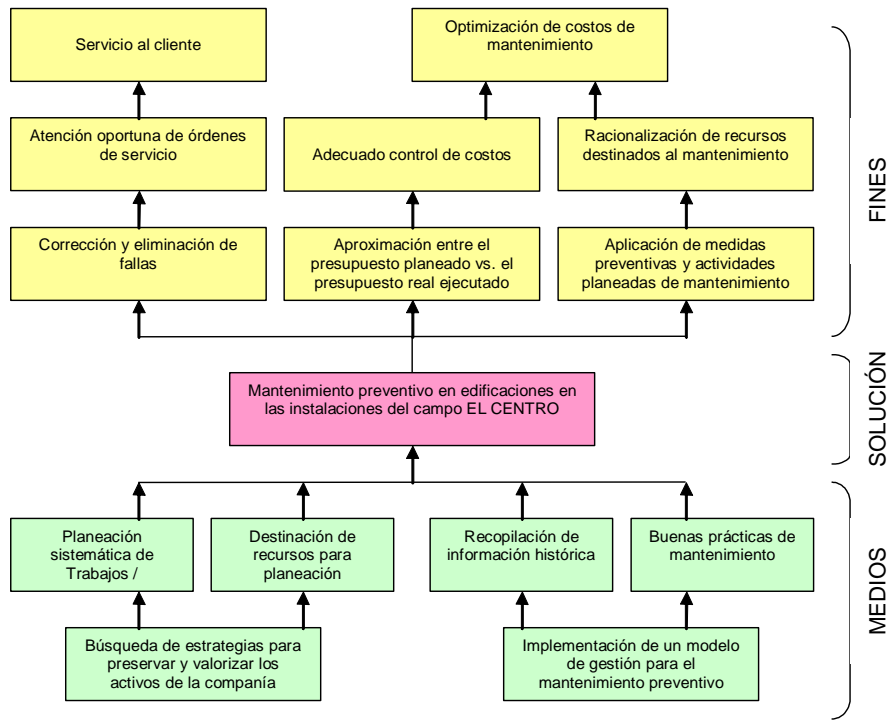


Figura 4. Árbol de Objetivos (Medios y Fines)



Fuente: los Autores

2.4 ALCANCE - LIMITACIONES

Al terminar la monografía se espera dar las pautas para la implementación de un modelo de gestión de mantenimiento de las edificaciones en áreas administrativas y residenciales del campo El Centro de ECOPETROL S.A. y plantear las estrategias para preservar los activos en uso y recuperar ó eliminar aquellos activos que no están en funcionamiento.

Con base en un diagnóstico preliminar y un análisis de la información disponible, se pretende establecer un modelo para el gerenciamiento de las obras de mantenimiento preventivo de las edificaciones del campo El centro.

Con la viabilidad de dicho proyecto, se determinarán las posibles inversiones, los costos de ejecución, la evaluación técnica y financiera así como también se determinarán los beneficios del proyecto.

El estudio tendrá siempre en cuenta el cumplimiento de la normatividad ya sea de carácter técnico, ambiental y/o legal que aplique para la toma de decisiones.

Se evaluarán diferentes alternativas y se escogerá la que presente mejores resultados técnicos y financieros, entendidos estos como mejores indicadores económicos.

Las alternativas planteadas se explorarán a nivel conceptual sin llegar a determinar diseños detallados pues no es el objeto del estudio.

Se tomarán como punto de partida otros estudios relacionados con el mantenimiento preventivo en edificaciones. En general se utilizará información secundaria para la realización del estudio. Solo en el evento en que no se disponga de información relevante para el proyecto se acudirá a fuentes primarias.

Para la estimación de inversiones y costos se utilizarán estimados o valores aproximados teniendo en cuenta que se trata de un estudio conceptual.

2.5 JUSTIFICACIÓN

La implementación del modelo servirá de base para el gerenciamiento del proyecto de mantenimiento de instalaciones en el campo de producción El Centro tendientes a optimizar el servicio al cliente interno en materia de costos y de oportunidad.

Adicionalmente es importante recalcar que mediante la realización de este estudio se busca:

- Afianzar y aplicar los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de la Especialización en Evaluación y Gerencia de Proyectos.
- Utilizar el conocimiento adquirido a la solución de problemas específicos.
- Dar pautas que puedan ser utilizadas para la implementación del mantenimiento preventivo en instalaciones de ECOPETROL S.A.
- Cumplir uno de los hitos del área de Servicios Administrativos en el TBG⁵ de la Dirección de Abastecimiento de Bienes y Servicios (DAB).
- Generar fuentes de trabajo en la comunidad del corregimiento El Centro del municipio de Barrancabermeja, a través de la contratación de proveedores locales.

⁵ TBG es la sigla que significa Tablero Balanceado de Control, herramienta utilizada como parte de la planeación estratégica de ECOPETROL S.A.

- Recuperar activos olvidados y deteriorados a través de la inversión de recursos en contratación de obras de mantenimiento preventivo.
- Impulsar buenas prácticas operacionales aplicadas en la preservación y conservación de edificaciones y sus respectivas instalaciones.

2.6 OBJETIVOS

2.6.1 GENERAL

Diseñar un Modelo Gerencial para el Mantenimiento Preventivo de las edificaciones en áreas administrativas y residenciales del campo El Centro de la Gerencia Regional Magdalena Medio de ECOPETROL S.A.

2.6.2 ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico general del estado actual de las edificaciones de uso administrativo y residencial que componen el campo de producción El Centro de ECOPETROL S.A.
- Identificar las principales causas de fallas de dichas edificaciones determinando las actividades de mantenimiento correctivo que son reiterativas y cuyos costos son representativos para el mantenimiento.
- Establecer las limitaciones del proyecto con base en las proyecciones para el campo de producción versus los costos de recuperación de los activos.

- Evaluar financieramente el proyecto de manera que permita optimizar los recursos invertidos para el mantenimiento de las edificaciones.
- Determinar las restricciones que puedan existir a nivel legal, ambiental y social para el desarrollo del proyecto y de esta manera enmarcar las alternativas de solución identificadas en el cumplimiento de tales restricciones.
- Identificar las fuentes de ahorro generadoras de beneficio para el proyecto y cuantificarlas económicamente.
- Realizar una evaluación del costo – beneficio con la aplicación de plan preventivo de mantenimiento en edificaciones.
- Evaluar el proyecto para un periodo de tiempo de 2 años teniendo en cuenta las inversiones, los costos operativos y demás variables económicas así como los beneficios generados por cada alternativa.
- Emitir un concepto que permita tomar una decisión sobre la opción de continuar con el desarrollo del proyecto o darlo por terminado.

3. CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO

3.1 GENERALES

El mantenimiento tiene como fin conservar y mantener no solo las edificaciones sino todo aquello que dentro de su vida útil pueda deteriorarse. Diversos autores definen el mantenimiento de edificaciones como una serie de actividades encaminadas a asegurar el buen funcionamiento de un edificio, proporcionalmente al desgaste por uso y desuso de cada una de sus partes que lo componen. Para Babé (1986) [1] el mantenimiento no es más que los trabajos que deben realizarse de forma cíclica para la atención de los equipos y de los elementos componentes de las construcciones con el fin de subsanar sus deficiencias, y mantener de manera eficaz los servicios que brinden con énfasis especial de aquellas partes que por su uso continuado o por su ubicación se encuentran más expuestos al deterioro.

Para Tejera (2003) [2], el mantenimiento de un edificio es un conjunto de trabajos con una frecuencia determinada que se realizan para conservar su estructura y sus acabados durante el período de vida útil en adecuadas condiciones para cubrir las necesidades funcionales.

En Loria (2005) [3] se consideran obras, trabajos y actuaciones de mantenimiento todas aquellas acciones encaminadas a la conservación física y funcional de un edificio a lo largo del ciclo de vida útil del mismo. Mantener, en general, significa conservar y también mejorar las prestaciones originales de un elemento, máquina, instalación o edificio a lo largo del tiempo.

El mantenimiento y las reparaciones son las tareas fundamentales que garantizan la prolongación de la vida útil del fondo de viviendas existentes y de las edificaciones, evitando con ello su deterioro y finalmente su destrucción. Las

características del mantenimiento y de las reparaciones están en función de la tipología de la edificación en sí y están estrechamente relacionadas con la época de construcción y de los materiales que se emplearon en su ejecución.

Existen dos tipos de mantenimientos, el preventivo y el correctivo. El preventivo como su nombre lo indica previene de cualquier daño que pueda ocurrir en la vida útil de las edificaciones. El correctivo trata de corregir aquellas fallas presentes en la edificación para así lograr extender su vida útil hasta el máximo y conservar su patrimonio arquitectónico.

El mantenimiento preventivo tiene la posibilidad de ser programado en el tiempo y, por lo tanto, evaluado económicamente. Está destinado, como su nombre indica, a la prevención, teniendo como objetivo el control "a priori " de las deficiencias y problemas que se puedan plantear en el edificio debido al uso natural del mismo. El mantenimiento correctivo comprende aquellas operaciones necesarias para hacer frente a situaciones inesperadas, es decir, no previstas ni previsibles. Las reparaciones y sustituciones físicas y/o funcionales son operaciones típicas de este tipo de mantenimiento. (Loria, 2005) [3].

El mantenimiento comprende los trabajos de carácter preventivo o planificado que se realizan periódicamente en las edificaciones y viviendas durante su vida útil para conservar las propiedades y capacidades funcionales, subsanar las deficiencias o afectaciones que son provocadas por la acción del uso, agentes atmosféricos o su combinación, sin que sus elementos componentes fundamentales sean objeto de modificación o sustitución parcial o total. (Tejera, 2003) [2].

Dentro de los trabajos que el mantenimiento comprende, pueden citarse las actividades de pintura, reparación de fisuras superficiales, sustitución de elementos no estructurales, impermeabilización de áreas de cubiertas, fijaciones de losas de piso o zócalo, limpieza de tanques y cisternas, limpieza de tanques

sépticos, cambio de instalaciones hidráulicas y sanitarias, ajustes de válvulas, ajustes de interruptores eléctricos, ajustes de puertas y ventanas, reposición de vidrios y herrajes, reparación de carpintería en madera y metálica, etc. Estos trabajos según se empleen podrán considerarse preventivos o correctivos. (Arencibia y Borroto, 2005) [4].

Se puede plantear que las correcciones serán más durables, más efectivas, más fáciles de ejecutar y mucho más económicas, cuanto antes son ejecutadas, para esto se dividen las etapas de construcción y de uso en cuatro períodos. Estos períodos se corresponden con el de diseño, el de ejecución propiamente dicha, el del mantenimiento preventivo efectuado antes de los tres primeros años, y el del mantenimiento correctivo efectuado posterior al surgimiento de los problemas según se ilustra a continuación (Do Lago, 1997) [5].

- **Proyecto:** Es toda acción a nivel de diseño con el objetivo de aumentar la protección y durabilidad de la estructura, por ejemplo, aumentar el espesor del recubrimiento del refuerzo, reducir la relación agua-cemento del concreto, especificar tratamientos protectores superficiales, etc.
- **Ejecución:** Es toda acción fuera del proyecto, tomada durante la ejecución propiamente dicha, incluyendo en ese mismo período la obra recién construida, implica un costo cinco veces superior al costo que se hubiese ocasionado si esta acción hubiera sido tomada a nivel de diseño, para lograr el mismo grado de protección y durabilidad de la estructura.
- **Mantenimiento Preventivo:** Es toda acción tomada con antelación y previsión, durante el período de uso y mantenimiento de la estructura. Como ejemplo puede ser citado la eliminación del moho ácido y la limpieza de la fachada, resanes y remedios de las superficies expuestas, pinturas con barnices hidrofugantes, renovación y construcción de botaguas, goteras, pretilas y otras medidas de protección.

- **Mantenimiento Correctivo:** Corresponde a los trabajos de diagnóstico, pronóstico, reparación y protección de las estructuras que ya presentan manifestaciones patológicas, o sea corrección de problemas evidentes.

Para Babé (1986) [1] los mantenimientos pueden clasificarse atendiendo a tres factores: el tipo de obra, el propietario del inmueble y el momento en que se realiza el mismo.

FACTOR	TIPO
Tipo de obra	<i>Mantenimiento de obras nuevas:</i> El que se realiza en ciclos previstos desde el momento en que se elabora el proyecto y que debe aplicarse tan pronto concluye la construcción.
	<i>Mantenimiento de obras viejas existentes:</i> El que debe comenzar su aplicación después que se han efectuado las reparaciones o reconstrucciones requeridas para eliminar los desperfectos existentes.
Propietario del inmueble	<i>Mantenimiento privado:</i> El que debe realizar de forma continua y por medios propios el usuario de un edificio.
	<i>Mantenimiento estatal:</i> El que se realiza por los organismos del Estado en obras de uso social como escuelas, hospitales, puentes, carreteras, acueductos, presas, etc.
Momento en que se realiza	<i>Mantenimiento preventivo:</i> El que debe ser previsto por el profesional al realizar el proyecto de una obra.
	<i>Mantenimiento correctivo:</i> El que se planifica ejecutar en las construcciones para evitar al máximo los deterioros.

Sin embargo en Ruiz (1998) [6] se propone una clasificación del mantenimiento y la reparación de viviendas basado en el momento en el que se realiza:

1. Mantenimiento ordinario: Comprende todos aquellos trabajos periódicos sobre elementos comunes o privativos que según las características técnicas del edificio se han de realizar con motivo de su utilización y del envejecimiento y desgaste de sus sistemas de protección e instalaciones

por la acción ordinaria de la agresividad ambiental y del propio envejecimiento de los materiales empleados en su construcción.

2. Reparaciones extraordinarias: Comprenden aquellos trabajos necesarios a efectuar en los edificios cuando se produzcan las situaciones siguientes:
 - Averías extraordinarias derivadas de la acción anormal de agentes climatológicos o ambientales.
 - Desperfectos extraordinarios derivados de la vejez anticipada de los componentes, instalaciones, etc. del edificio a causa de efectos y vicios ocultos en el diseño o la calidad de la construcción.

Según el costo (Arencibia Fernández) [4] el mantenimiento puede clasificarse:

1. Mantenimiento bajo: El costo promedio de las operaciones que se contemplan en este mantenimiento puede oscilar entre el 2 y el 5 % del costo total de la edificación; pueden realizarse por los propios usuarios o personal especializado.
2. Mantenimiento medio: Consiste en la reparación de partes no fundamentales de la edificación para prolongar su vida útil y evitar deterioros más graves. Debe realizarse por personal especializado en este tipo de trabajo. El costo promedio oscila entre el 10 y el 15 % del costo total de la edificación.
3. Mantenimiento complejo: Consiste en la reparación compleja o la sustitución de elementos fundamentales de la edificación; por ejemplo, elementos portantes principales y otros componentes estructurales de importancia. Debe realizarse por personal especializado; su costo promedio varía del 25 al 30 % del costo total de la edificación.

Algunos autores incluyen en las categorías de los trabajos de conservación y mantenimiento a las labores de reconstrucción, ampliación y modernización; pero optamos por no contemplarlos en la anterior clasificación debido a que estos trabajos, por su complejidad y costo, pueden considerarse como nueva

construcción, y su aplicación puede estar motivada por intereses diversos como: restauración histórica, remodelación o renovación urbana, modificación de funciones arquitectónicas, etc. El costo promedio de estos trabajos puede oscilar del 50 al 60 % del costo total de la edificación, o superarlo cuando los intereses anteriormente señalados motiven su realización incluso contra su rentabilidad. (Arencibia y Borroto, 2005) [4].

Otra posible clasificación de los tipos o sistemas de mantenimiento la ofrece Xavier Casanovas atendiendo a la periodicidad de la aplicación del mismo:

1. Mantenimiento planificado: Consistente en actuaciones periódicas en un edificio con una visión preventiva, que se puede articular sobre la base de un programa preestablecido o rutinario o basándose en una metodología predictiva que establezca el programa en función de un buen conocimiento del estado y evolución del edificio.
2. Mantenimiento no planificado: Consistente en actuaciones en un edificio con un objetivo puramente correctivo frente a defectos constructivos que se detectan de forma inesperada o de averías imprevistas. (Casanovas,1996) [7].

Como se ha podido observar son muchas las clasificaciones que se pueden encontrar acerca de los trabajos de mantenimiento atendiendo a diferentes factores pero en todos los casos se busca el bienestar y buen funcionamiento de las edificaciones como premisa fundamental.

3.2 COSTOS EN MANTENIMIENTO DE EDIFICACIONES

Mantenimiento y costos de mantenimiento son conceptos inseparables. Ya en la fase de la ejecución de la obra se aconseja hacer la selección de los materiales y el equipamiento de las viviendas con vista a sus futuros costos de su

manutención. El costo de los espacios dependerá, fundamentalmente, de las decisiones dimensionales (largo, ancho, altura de los locales, número de plantas, etcétera). La variación de los costos puede admitirse como continua y dependiendo esencialmente del costo de la construcción. Los costos de mantenimiento y uso son bastante menores pudiéndoselos prever con facilidad, a la vez que pueden programarse anticipadamente los trabajos de mantenimiento necesarios para alcanzar la vida útil prevista para el edificio.

Los costos de mantenimiento pueden disminuir según la rapidez y precisión con que se aplique el Programa de Mantenimiento. Además estos costos son útiles en dos sentidos, evalúan resultados internos de mantenimiento y comparan la inversión con los resultados operativos de la empresa. Pero para conocer los costos de mantenimiento se debe lograr unir conceptos administrativos y técnicos que expliquen el origen de los trabajos de mantenimiento, conocer las distribuciones internas, consumos puntuales, picos, partes intervenidas con frecuencia, causas de fallas y encontrar la relación acción-causa-efecto.

Existe además una ley que estima los costos diferentes que representan la corrección de los defectos en las diferentes etapas de la vida de un edificio, esta ley se denomina Ley de las etapas de Sitter. Esta consta de cuatro etapas o fases, estas son: (Do Lago, 1997) [5].

1. Fase de proyecto: Toda medida tomada a nivel de diseño con el objetivo de aumentar la protección y la durabilidad de la estructura, como por ejemplo, aumentar el espesor del recubrimiento de la armadura de refuerzo, reducir la relación agua/cemento del hormigón o aumentar la resistencia del hormigón, especificar cementos, aditivos y ciertas adiciones con características especiales, o tratamientos protectores de superficie, y otras tantas implica un costo que puede ser asociado al número 1.

2. Fase de ejecución: Toda medida fuera del proyecto, tomada durante la fase de ejecución propiamente dicha, incluyendo en ese período la obra recién construida, implica un costo 5 (cinco) veces superior al costo que representaría tomar una medida equivalente en la fase de proyecto, para poder obtener el mismo nivel final de protección, durabilidad o vida útil de la estructura.
3. Fase de mantenimiento preventivo: Toda medida tomada con antelación y previsión, durante el período de uso y mantenimiento de la estructura, puede ser asociada a un costo 5 (cinco) veces menor que aquel necesario para la corrección de los problemas generados a partir de una intervención no preventiva tomada con precedencia a la manifestación explícita de problemas patológicos. Al mismo tiempo estará asociada a un costo 25 (veinticinco) veces superior a aquel que habría ocasionado una decisión de proyecto para la obtención de mismo “grado” de protección y durabilidad de la estructura.
4. Fase de mantenimiento correctivo: Corresponde a los trabajos de diagnóstico, pronóstico, reparación, refuerzo y protección de las estructuras que ya perdieron su vida útil de proyecto y presentan manifestaciones patológicas, o sea corrección de problemas evidentes. A estas actividades se puede asociar un costo 125 (ciento veinticinco) veces superior al costo de las medidas que podrían y deberían haber sido tomadas en la fase de diseño y que implicarían el mismo nivel de durabilidad y protección que se estime para esa obra después de la intervención correctiva.

Según Sitter [8], autor de esta ley de costos tan ampliamente citada en bibliografías específicas del tema, aplazar una intervención significa aumentar los costos directos en progresión geométrica de razón 5 (cinco).

De lo anterior planteado se puede deducir que la aplicación adecuada y en el momento preciso de medidas y trabajos en las diferentes etapas de la vida de un edificio influye considerablemente en los costos de una edificación, evidenciando una gran relación y dependencia de estos con los trabajos que se realicen y siempre teniendo en cuenta en la fase que se apliquen, estos harán aumentar o disminuir el valor de los costos.

La ventaja principal del mantenimiento esta íntimamente ligada con un concepto de economía, al prolongar el tiempo de explotación de una construcción sin tener que realizar inversiones apreciables. Por otro lado, el poder utilizar una construcción por mayor tiempo y con servicio adecuado constituye una ventaja para los usuarios al poder satisfacer mejor sus necesidades sin agravar considerablemente el presupuesto de la organización.

La vida útil está estrechamente ligada a la palabra mantenimiento pues a las obras se les aplican Programas de Mantenimiento para que estas puedan llegar a cumplir con el tiempo de vida útil para el cual fueron ejecutadas, es por eso creemos necesario abordar criterios sobre este concepto. La vida útil del edificio es la previsión del período de tiempo durante el cual es susceptible de ser utilizado el mismo en las condiciones de calidad requeridas, siempre que se hayan observado las instrucciones de uso y mantenimiento y se hayan realizado las obras de rehabilitación necesarias.

A modo de conclusiones pudiera plantearse que el concepto de mantenimiento y vida útil de los elementos de una edificación están intrínsecamente ligados y que además la conciencia de la organización juega un papel importante para favorecer la conservación en condiciones óptimas del patrimonio construido y la preservación de los activos de la compañía.

4. DIAGNOSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES.

4.1 DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO ACTUALES

La ejecución de las actividades de mantenimiento menor en las instalaciones del campo El Centro de ECOPETROL S.A., no obedecen a un plan específico de mantenimiento. Dicho mantenimiento es contratado por ECOPETROL a través de un contratista quien efectúa las labores después de recibir una solicitud de servicio. Cada orden o solicitud de servicio generalmente provienen de una necesidad de algún usuario que manifiesta alguna queja o inconformidad en relación con daños o fallas en su residencia o su lugar de trabajo. En la práctica es muy usual que exista acumulación de solicitudes de servicio no atendidas debido al gran número de estas y al grado de obsolescencia de las instalaciones del campo. No obstante, se tienen identificadas una serie de actividades que son ejecutadas de manera reiterativa las cuales son agrupadas para convertirse en las obras de mantenimiento menor de instalaciones. Dichas obras se proyectan para ser ejecutadas en un lapso de tiempo determinado. En la actualidad se tienen dos contratos de mantenimiento menor que tienen periodo de ejecución de 2 años de vigencia con un presupuesto que oscila entre los 3.000 y 4.000 SMMLV⁶. En la figura 5 se aprecia el diagrama del proceso actual de mantenimiento de instalaciones del campo El Centro en el cual se programan las actividades de manera reactiva a través del mantenimiento correctivo.

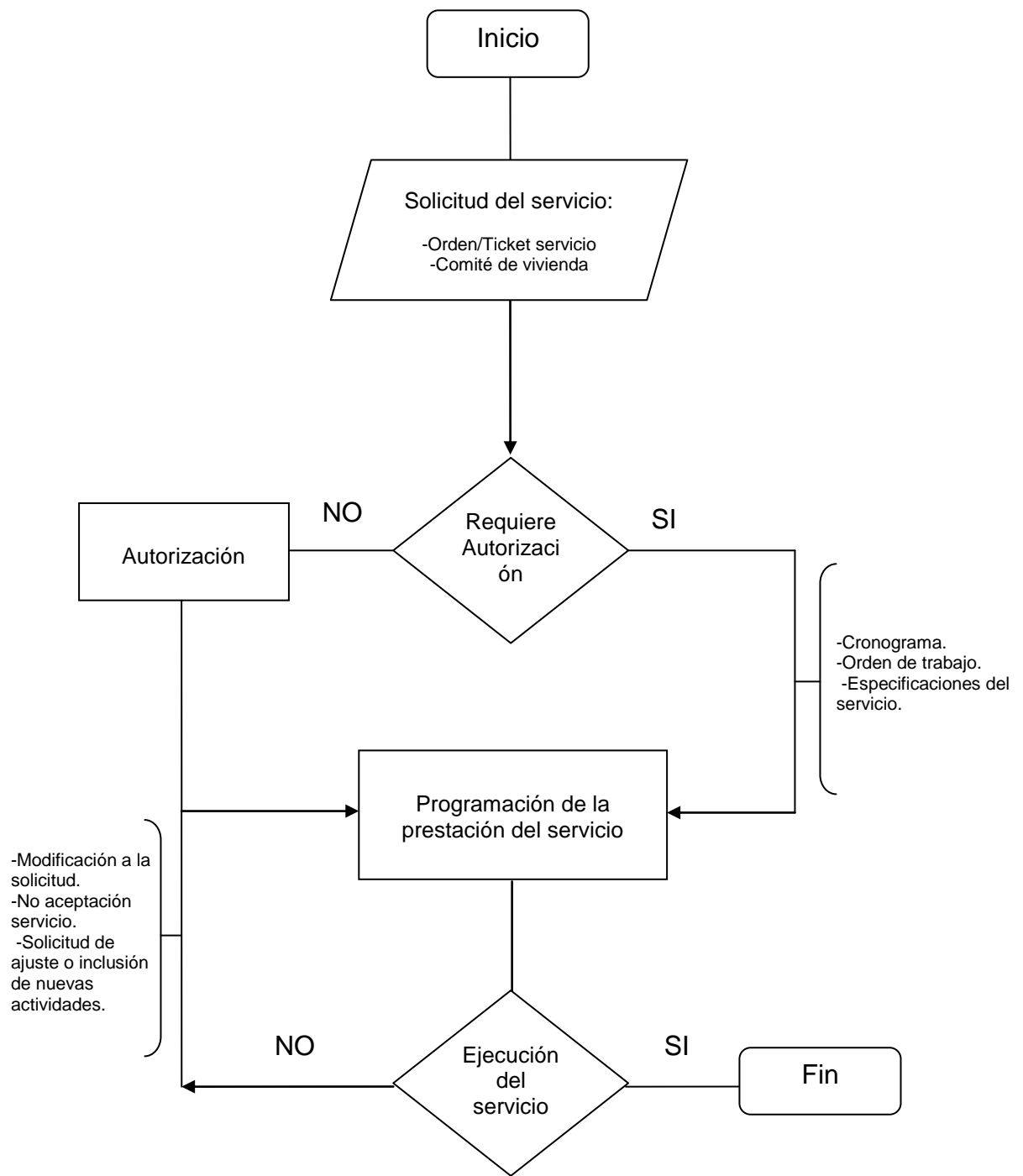
Según el histórico de los contratos de mantenimiento menor en el campo El Centro en los últimos 5 años, el valor final y plazo se han sobre ejecutado en un 50% con relación al valor inicial y en un 10% con relación al plazo inicial pactado. Estas

⁶ SMMLV (Salario Mínimo Mensual Legal Vigente)

cifras demuestran a primera vista que no existe una planeación eficiente en relación con el presupuesto y ello tiene que ver en gran medida con el grado de incertidumbre con el cual se cuenta a la hora de planificar las actividades.

La propuesta que se plantea es un modelo gerencial para implementar un plan de mantenimiento en las diferentes instalaciones y edificaciones de tipo administrativo y residencial del campo de producción El Centro de ECOPETROL S.A., que tenga como meta principal, sentar las bases metodológicas para la preservación y buen funcionamiento de los bienes inmuebles cuantificando los beneficios obtenidos en disminución de los costos de mantenimiento, la revalorización de los activos fijos de la compañía y la oportunidad en los tiempos de respuesta de las solicitudes del cliente interno.

Figura 5. Diagrama del proceso actual de mantenimiento de instalaciones



Fuente: los Autores

4.2 DIAGNÓSTICO DE EDIFICACIONES RESIDENCIALES Y ADMINISTRATIVAS DE EL CENTRO ECOPETROL

El propósito principal del diagnóstico, es poder establecer una identificación de las necesidades físicas en las edificaciones, verificar el cumplimiento de las normas de construcción tales como la NSR-98 y el Manual de Adecuaciones Físicas de ECOPETROL, así como establecer las áreas en donde aplican obras nuevas denominadas “Intervenciones Mayores” a cargo del Programa de Infraestructura y que áreas pertenecen a mantenimiento menor como parte de los Servicios Administrativos.

A continuación se describen los requerimientos de los usuarios o clientes, el estado de las edificaciones y las recomendaciones en aspectos arquitectónicos, estructurales, eléctricos, hidráulicos y sanitarios que se identificaron en las visitas que se realizaron a las instalaciones del campo El Centro. Las visitas estuvieron a cargo de un equipo multidisciplinario confirmado miembros de la Gerencia para la Consultoría del Programa de Infraestructura de la DAB – ECOPETROL, funcionarios de la Coordinación de Abastecimiento El Centro y funcionarios de la operación.

Tabla 2. Barrios de funcionarios de Ecopetrol (25 de Agosto y El Prado)

 <p style="text-align: center;">Casa 25 de Agosto</p>	 <p style="text-align: center;">Interior Casa Barrio El Prado</p>
<p>Diagnostico arquitectónico</p> <p>La mayoría de casas presentan fisuras en muros y pisos producto de asentamiento del suelo y la falta de un sistema de refuerzo que amarre la edificación. Los demás componentes de la edificación tales como pisos, acabados, cielo raso, cubiertas, instalaciones hidráulicas y sanitarias, etc., han cumplido su vida útil, y a pesar de que dichos elementos aún se conservan ya empiezan a mostrar signos de desgaste y fatiga del material.</p>	<p>Recomendaciones y Requerimientos</p> <p>Las instalaciones deben adecuarse estructuralmente, confinar muros con columnetas y viguetas de amarre y verificar si la cimentación posee sistema de amarre.</p> <p>Existen otras edificaciones las cuales han sido objeto de inspección y posterior mantenimiento como existen otras que aun no han sido intervenidas.</p>
<p>Diagnostico estructural</p> <p>La estructura de estas edificaciones está conformada por mampostería no reforzada, y este sistema estructural NO ESTA PERMITIDO en zonas de riesgo sísmico intermedio. Las viviendas están habitadas y se les han realizado algunos mantenimientos correctivos muy puntualizados. Un alto porcentaje de estas edificaciones presentan agrietamientos debido a que los muros no están confinados con columnetas y viguetas de amarre.</p>	<p>Recomendaciones y Requerimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reforzamiento estructural (estructura en mampostería) • Adecuación de Fachadas, pintura exterior • Cambio de: pisos, enchapes de baños y cocina, cielo raso, carpintería en madera y cubiertas.

Fuente: los Autores

Tabla 3. Barrios no ocupados (Pueblo Nuevo y Pueblo Regao)



Interior de una casa del Barrio Pueblo Nuevo

Diagnostico arquitectónico

Los barrios Pueblo Nuevo y Pueblo Regao se conforman de 19 y 47 casas respectivamente donde la mayoría de ellas presentan problemas de filtración de agua, goteras, humedad, por lo tanto el cielo raso esta deteriorado en un 90% del mismo. Los pisos de las casas se deben cambiar por desgaste y grietas, solo hay una batería de baños en cada casa, la batería de baño existente se debe cambiar por el mal estado y el enchape esta deteriorado, no hay carpintería en la cocina, las puertas y marcos de madera presentan desgaste, la madera de los closets está corroída, no poseen anjeos, acabados obsoletos y en términos generales se encuentran en estado de abandono.



Portería Acceso – Barrio Pueblo Nuevo

Recomendaciones y Requerimientos

- Diseño para una nueva batería de baño.
- Rediseño de la cocina
- Adecuación para el acceso a la casa
- Cambio de cubierta, cielo raso, diseño eléctrico y reforzamiento estructural.
- Diseño de la portería para el control de acceso al barrio

Levantamiento arquitectónico

- Cambio de: pisos, enchapes de baños y cocina, cielo raso, carpintería en madera y cubiertas.

<p>Diagnostico estructural</p> <p>La estructura de estas casas está conformada por mampostería no reforzada, y este sistema estructural no está permitido en zonas de riesgo sísmico intermedio. Actualmente, las casas no están habitadas, y si se pretende habitarlas nuevamente, se deben adecuar estructuralmente ya que presentan daños y grietas grandes.</p>	<p>Recomendaciones y Requerimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se debe adecuar estructuralmente, confinar muros con columnetas y viguetas de amarre o pórticos de resistencia sísmica.
<p>Diagnostico HIDROSANITARIO</p> <p>Redes de suministro y desagües actuales, en hierro y acero respectivamente.</p>	<p>Recomendaciones y Requerimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se sugiere la implementación de un tanque de reserva de agua elevado para cada vivienda • Cambio de redes internas de suministro y desagües, con material de pvc, instalación de aparatos ahorradores de consumo.
<p>Diagnostico instalaciones eléctricas</p> <p>Los barrios están conformados por casas que no cumplen con las condiciones mínimas para ser habitadas. El estado de redes internas, acometidas y el transformador de distribución del barrio, no se encuentran en condiciones de funcionamiento.</p>	<p>Recomendaciones y Requerimientos</p> <p>En este caso, hay que readecuar las instalaciones eléctricas, de manera que las casas puedan cumplir con las condiciones mínimas consignadas en las normas vigentes (RETIE) y las determinadas por ECOPETROL. Se requiere mantenimiento al transformador y las redes eléctricas externas.</p>

Fuente: los Autores

Tabla 4. Campamentos 2454, 2555, 2556 y 2557

 <p style="text-align: center;">CAMPAMENTO 2555 El Centro ECOPETROL</p>	 <p style="text-align: center;">CAMPAMENTO 2555 El Centro ECOPETROL – Detalle fachada</p>
<p>Diagnostico arquitectónico</p> <p>A través del programa de infraestructura se efectuó durante los años 2008 y 2009 la adecuación de los campamentos 2555, 2556, 2557, y los bloques de oficinas 2, 3, 4 y 7, obras en cuyo alcance se incluyeron la modernización de las edificaciones iniciando por el reforzamiento estructural, el cambio de instalaciones hidráulicas, sanitarias, eléctricas y de comunicación, instalación de nuevos acabados internos, mantenimiento a los sistemas de aire acondicionado, dotación de mobiliario, cambio de cubiertas y redistribución de espacios según la normatividad interna del Manual de Adecuaciones Físicas de ECOPETROL.</p>	<p>Recomendaciones y Requerimientos</p> <p>Implementar un plan preventivo para el mantenimiento de los acabados interiores y exteriores de la edificación, sistema, eléctricos, iluminación y sistemas de aire acondicionado.</p>
<p>Diagnostico estructural</p> <p>Las edificaciones cumplen con lo dispuesto en la Norma Sismo resistente, es decir, no están reforzadas estructuralmente.</p>	<p>Recomendaciones y Requerimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo periódico a las fallas que pudiese presentar la estructura.

Fuente: los Autores

Tabla 5. Campamentos 575, 2105 y 2405

 <p style="text-align: center;">CAMPAMENTO 575 El Centro ECOPELROL</p>	 <p style="text-align: center;">CAMPAMENTO 2105 El Centro ECOPELROL – Detalle fachada</p>
<p>Diagnostico arquitectónico</p> <p>Son campamentos que poseen pisos y acabados antiguos, redes hidráulicas y sanitarias en tubería de hierro corroídas y con desgaste. La cubierta es de teja de asbesto no adecuado para la salud de las personas, sistemas de aire acondicionado que requiere cambio por reposición de equipos obsoletos, cielo raso y pintura en mal estado. Los enchapes de baños y aparatos sanitarios en mal estado de presentación.</p>	<p>Recomendaciones y Requerimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cambio de cubierta, cielo raso, diseño eléctrico y reforzamiento estructural. • Levantamiento arquitectónico • Cambio de: pisos, enchapes de baños y cocina, cielo raso, carpintería en madera y cubiertas. • Cambio de sistema de redes hidráulicas y sanitarias.
<p>Diagnostico estructural</p> <p>Las edificaciones no cumplen con lo dispuesto en la Norma Sismo resistente.</p>	<p>Recomendaciones y Requerimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se debe adecuar estructuralmente, confinar muros con columnetas y viguetas de amarre o pórticos de resistencia sísmica.

Fuente: los Autores

Tabla 6. Bloques de oficinas generales

 <p style="text-align: center;">Interior oficinas generales El Centro ECOPETROL</p>	 <p style="text-align: center;">Oficinas generales El Centro ECOPETROL – fachada</p>
<p>Diagnostico arquitectónico</p> <p>Edificaciones con más de 30 años de construidas las cuales fueron recientemente acondicionadas y actualizadas arquitectónica y estructuralmente. Conocidas como las oficinas generales de El Centro, este grupo de edificaciones se compone de 9 bloques con todos los servicios hidro-sanitarios, eléctricos y de comunicación necesarios. En la actualidad 7 de 9 bloques han sido adecuados físicamente cumpliendo con las normas estructurales y eléctricas para edificaciones de uso administrativo con sistemas de detección de humo, aire acondicionado central, redes de voz y datos, accesos electrónicos, acabados arquitectónicos de primera, cielo raso y cubiertas Termoacústica entre otros.</p>	<p>Recomendaciones y Requerimientos</p> <p>Implementar un plan preventivo para el mantenimiento de los acabados interiores y exteriores de la edificación, sistema, eléctricos, iluminación y sistemas de aire acondicionado.</p>
<p>Diagnostico estructural</p> <p>Las edificaciones cumplen con lo dispuesto en la Norma Sismo resistente, es decir, no están reforzadas estructuralmente.</p>	<p>Recomendaciones y Requerimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo periódico a las fallas que pudiese presentar la estructura.

Fuente: los Autores

Tabla 7. Casino Directivo

 <p style="text-align: center;">Fachada Casino directivo El Centro ECOPETROL</p>	 <p style="text-align: center;">Interior Casino directivo El Centro ECOPETROL</p>
<p>Diagnostico arquitectónico</p> <p>La edificación está construida en muros de ladrillo prensado de buena apariencia los cuales delimitan la planta regular del edificio. Este recinto posee pisos en granito y muros internos en la parte del comedor que han venido siendo preservados, pero en la zona de producción de alimentos existen serias falencias en el enchape del piso, sistemas de drenaje deficiente, instalaciones con poca ventilación, equipos de cocina obsoletos y en general acabados con alto grado de deterioro.</p>	<p>Recomendaciones y Requerimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Por determinación de directivas de la empresa estas instalaciones serán reemplazadas por un casino nuevo que cumpla con todas las especificaciones y normativa de salubridad y medio ambiente (Decreto 3075). • El mobiliario del casino en su totalidad será cambiado por elementos modernos y acordes con el diseño de la edificación.
<p>Diagnostico estructural</p> <p>La Estructura del CASINO, está conformada por mampostería no reforzada pero no presenta muestras de fallas o grietas que comprometan su estructura.</p>	<p>Recomendaciones y Requerimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> • La construcción del nuevo casino contempla el diseño estructural tipo pórtico según norma NSR-98.
<p>Diagnostico hidro-sanitario</p> <p>Redes internas de suministro y desagües en hierro y acero respectivamente con alto grado de corrosión y pérdida de espesor.</p>	<p>Recomendaciones y Requerimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> • El cambio de redes internas de suministro y desagües con material de PVC y la instalación de aparatos ahorradores de consumo (están incluidas en los diseños del nuevo casino).

<p>Diagnostico eléctrico</p> <p>Redes eléctricas en condiciones subestandar, lámparas y equipos eléctricos obsoletos en mal funcionamiento, no cumple norma RETIE.</p>	<p>Recomendaciones y Requerimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para las nuevas instalaciones que se construyen se requiere mantenimiento al transformador y las redes eléctricas externas e internas de manera preventiva, así como mantenimiento periódico a equipos eléctricos, sistemas de refrigeración y aire acondicionado.
---	---

Fuente: los Autores

Tabla 8. Hospital El Centro

 <p><i>Fachada Hospital El Centro ECOPETROL</i></p>	 <p><i>Interior Hospital El Centro ECOPETROL</i></p>
---	---

<p>Diagnostico arquitectónico</p> <p>La función principal del hospital es para consulta externa, farmacia y centro de salud. En la actualidad solo está ocupado el 50% del área, el otro 50% está distribuido en un 10% para archivo de policlínica de Barrancabermeja y el 40% restante está inhabilitado. No hay rampas de acceso peatonal para el ingreso al edificio, incumpliendo Normas urbanas para personas con discapacidades. Existe una sala de pequeña cirugía que actualmente está siendo utilizada como cuarto de enfermería, las áreas para ropa limpia y ropa sucia no están distribuidos en forma adecuada, los pisos y cielo rasos no son los adecuados para este tipo de edificación de uso hospitalario. En la edificación no existe planta eléctrica ni luces de emergencia. No hay toma especial en urgencia, la energía eléctrica esta suministrada por la Subestación del Campo 22 en la zona industrial, no hay un área de archivo para historias clínicas ni área de papelería. La cafetería está ubicada provisionalmente en el segundo piso dentro de un cuarto que pertenecía a la zona de hospitalización. El área de procedimientos no cuenta con un control de asepsia y después de realizada una intervención, los residuos contaminantes salen directamente a la zona de urgencias sin tener un canalizador. El cuarto de aseo es pequeño, no hay un área especial para la ubicación de camillas y sillas de ruedas, están obstaculizando la rampa peatonal que da acceso a la sala de urgencias.</p>	<p>Recomendaciones y Requerimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rediseño para área de sala de cirugía, sala de procedimientos, área de enfermería, ubicación para cuarto de aseo, cafetería y área de camillas. • Aplicación de Normas respectivas para los temas de seguridad humana, Salud Pública, Normativas de Ecopetrol. • Cambio de cubierta y estructura de la misma • Reforzamiento estructural • Diseño para redes de desagüe • Estudio en laboratorio para el agua potable • Levantamiento arquitectónico • Cambio de pisos y enchapes • Aplicación de Pintura en pasillos, salas de procedimientos quirúrgicos y zona de urgencias. • En consultorios de odontología se debe cambiar toda la carpintería de madera y cielo raso, debido a la invasión de insectos conocidos como gorgojo cigarrero, ocasionando contaminación en las áreas expuestas para los equipos odontológicos. • El agua utilizada para los procedimientos odontológicos necesita de tratamiento para descontaminar.
<p>Diagnostico estructural</p> <p>La Estructura del edificio del HOSPITAL, está conformada por mampostería no reforzada, y este sistema estructural no está permitido en zonas de riesgo sísmico intermedio. En general la edificación se encuentra en buen estado, pero presenta pequeños agrietamientos en placas y muros. Teniendo en cuenta, que el HOSPITAL está dentro del grupo de edificaciones de Uso especial y que en algunas áreas tiene tres (3) pisos en altura, se debe</p>	<p>Recomendaciones y Requerimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se debe adecuar estructuralmente, hacer patología de los elementos estructurales existentes, tales como vigas de cimentación y placas, hacer análisis y diseños estructurales que cumplan con la norma NSR 98 dentro del grupo de EDIFICACIONES INDISPENSABLES, podría

<p>proceder a reforzarlo inmediatamente. Además se están usando oficinas como bodegas, lo cual indica que las placas están en su límite máximo de carga y que fuerzas adicionales ocasionadas por sismos, podrían generar el colapso fallas en la estructura.</p>	<p>reforzarse con pórticos, pantallas, etc.</p>
<p>Diagnostico hidro-sanitario</p> <p>Redes internas de suministro y desagües en hierro y acero respectivamente. No cuenta con tanque de reserva de agua.</p>	<p>Recomendaciones y Requerimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cambio de redes internas de suministro y desagües, con material de PVC, instalación de aparatos ahorradores de consumo. • Tanque para almacenamiento de agua de reserva y sistema de bombeo para suministro.
<p>Diagnostico eléctrico</p> <p>De acuerdo con la visita realizada a algunas áreas del hospital, la iluminación existente observada varía de un área a otra, presentándose diferencias de luminarias; así, para algunas áreas la iluminación fue intervenida recientemente, como ocurre en las oficinas y la farmacia, mientras que para otras áreas la iluminación funciona pero no son las utilizadas en la imagen corporativa de ECOPETROL, o sencillamente hay áreas que están abandonadas en el 2° piso. Para garantizar que la iluminación existente cumple con los niveles mínimos de iluminación (Tabla 25 del RETIE: Niveles de Iluminancia aceptados para diferentes áreas y actividades), se deberá medir con un luxómetro el nivel de iluminancia a la altura del plano de trabajo, para cada una de las áreas que conforman el hospital, y determinar si se requiere intervenir parcial o totalmente, habilitando dichas áreas.</p> <p>En cuanto a los tomacorrientes normales y regulados, se deberá verificar el estado de cada uno de los puntos, y con la ayuda de un probador de tomacorrientes determinar si cada uno de los puntos tiene correctamente instalados el conductor de fase, de neutro y de tierra. En las áreas observadas no se cumple con las normas en cuanto a tubería a la vista, Adicionalmente, el estado actual de los tableros indica obsolescencia.</p>	<p>Recomendaciones y Requerimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> • En este momento, de acuerdo con la inspección visual, se puede determinar que las instalaciones en general no están estandarizadas con la imagen corporativa de ECOPETROL, y no cumplen con las normas eléctricas vigentes (RETIE); por lo cual, y teniendo en cuenta la edad de la instalación, se recomienda hacer el cambio de las instalaciones existentes, cumpliendo con la normativa eléctrica y los estándares actuales de Ecopetrol. • Se deberán intervenir estas dos áreas, evaluar las distancias de seguridad, y reubicar los equipos dentro de la subestación. Adicionalmente, las acometidas deberán canalizarse de forma técnica, evitando dejar conductores a la vista.

Fuente: los Autores

4.3 DIAGNÓSTICO POR ELEMENTOS

Un análisis más profundo para determinar las causas más comunes de las fallas en las edificaciones y con ello el impacto económico generado por mayores costos de mantenimiento, debe ir precedido de un diagnóstico por elemento que permita determinar la estrategia de mantenimiento a emplearse, el uso de nuevos materiales y tecnologías, y la implementación de sistemas constructivos acordes con las condiciones naturales y socio ambientales de la región. A continuación se resume el estado actual de cada uno de los elementos comunes principales que componen las edificaciones administrativas y residenciales del campo El Centro con las causas más comunes de sus defectos.

Tabla 9. Resumen del diagnóstico por elementos: Cimientos

EDIFICACIÓN	TIPO ELEMENTO: CIMENTOS	DESCRIPCION ESTADO ACTUAL
Barrios de funcionarios de Ecopetrol (25 de Agosto y El Prado)	Ladrillo y Ciclópeo	Estructura en ladrillo de más de 30 años de uso, sometido a desgaste natural por presencia de altos niveles freáticos y asentamientos del terreno.
Barrios no ocupados (Pueblo Nuevo y Pueblo Regao)		
Campamentos 575, 2105 y 2405		
Campamentos 2454, 2555, 2556 y 2557		
Bloques de oficinas generales		
Casino directivo		
Hospital y Odontología		

Fuente: los Autores

Tabla 10. Resumen del diagnóstico por elementos: Red sanitaria

EDIFICACIÓN	TIPO ELEMENTO: SISTEMA COLECTOR AGUAS NEGRAS	DESCRIPCION ESTADO ACTUAL
Barrios de funcionarios de Ecopetrol (25 de Agosto y El Prado)	Cajas y Pozos Sépticos	Elementos contruidos en ladrillo macizo recubiertos por una capa de friso en mortero con desgaste superficial por ataque biológico y afectado por raíces de árboles y acumulación de sustrato.
Barrios no ocupados (Pueblo Nuevo y Pueblo Regao)		
Campamentos 2454, 2555, 2556 y 2557		
Campamentos 575, 2105 y 2405		
Bloques de oficinas generales		
Casino directivo		
Hospital y Odontología		

Fuente: los Autores

Tabla 11. Resumen del diagnóstico por elementos: Pisos

EDIFICACIÓN	TIPO ELEMENTO: PISOS	DESCRIPCION ESTADO ACTUAL
Casas madera barrio 25 de agosto y campamento 575	Madera	El tablero del piso se conforma de listones de madera sobrepuestos sobre un entramado de vigas de madera robusta que se apoya sobre columnas de Ladrillo macizo. La estructura (entramado) se encuentra en un aparente buen estado; Sin embargo en algunas edificaciones se observa ataque de termitas al igual que las tablas que conforman el piso. Los listones o tablas poseen un recubrimiento en barniz de color caoba. En varios sitios la madera se ha deteriorado hasta el grado de que han tenido que sustituirse por otros listones o tablas.
Barrios de funcionarios de Ecopetrol (25 de Agosto y El Prado)	Baldosín de cemento	Piso en baldosas de cemento tipo ajedrez con desgaste natural. Existe desprendimiento de baldosas, levantamiento del antepiso ocasionado por raíces de árboles y en algunos casos grietas por hundimiento del terreno. Se observa desgaste de la brecha restando uniformidad a la superficie del piso y generando espacios para la acumulación de mugre e insectos. En algunas viviendas, se ha tenido que reemplazar completamente el piso por baldosas de cerámica.
Barrios no ocupados (Pueblo Nuevo y Pueblo Regao)	Baldosín de cemento	Piso en baldosas de cemento tipo ajedrez con desgaste natural. Existe desprendimiento de baldosas, levantamiento del antepiso ocasionado por raíces de árboles y en algunos casos grietas por hundimiento del terreno. Se observa desgaste de la brecha restando uniformidad a la superficie del piso y generando espacios para la acumulación de mugre y polvo.
Campamentos 575, 2105 y 2405	Baldosín de cemento	Piso en baldosas de cemento tipo ajedrez con desgaste natural con mejor conservación que los demás de su clase.
Campamentos 2454, 2555, 2556 y 2557	Porcelanato	Piso recientemente cambiado por Porcelanato tipo Lounge color gris.
Bloques de oficinas generales	Baldosín de cemento	Piso recientemente cambiado por Porcelanato tipo Lounge color gris.
Bloque Jurídica y Yacimientos	Baldosín de cemento	Piso en baldosas de cemento tipo ajedrez con desgaste natural con mejor conservación que los demás de su clase.
Casino directivo	Baldosín de cemento	Piso en granito en buen estado para el área del comedor. En el área de cocina el piso es en cerámica con un alto grado de desgaste por ataque biológico.
Hospital y Odontología	Baldosín de cemento	Piso en baldosas de cemento tipo ajedrez con desgaste natural con mejor conservación que los demás de su clase. La zona de urgencia tiene un piso en cerámica en regular estado el cual no es recomendable para este tipo de instalaciones hospitalarias.

Fuente: los Autores

Tabla 12. Resumen del diagnóstico por elementos: Muros

EDIFICACIÓN	TIPO ELEMENTO: MUROS	DESCRIPCION ESTADO ACTUAL
Casas madera barrio 25 de agosto y campamento 575	Madera	Muros de madera conformado por listones transversales traslapados entre si a manera de persiana de grosor promedio de 8 cm. El estado de la madera se encuentra en aparente buen estado.
Barrios de funcionarios de Ecopetrol (25 de Agosto y El Prado)	Ladrillo	Muros en ladrillo macizo colocados en estampa generalmente en dos hileras pero no traslapados entre sí. En su gran mayoría estos muros presentan fisuras y grietas generadas por asentamientos del terreno y la vibración permanente de equipos de perforación, maquinaria transitable y machines en operación. Los muros no poseen confinamientos y en los vanos de puertas y ventanas no existen dinteles.
Barrios no ocupados (Pueblo Nuevo y Pueblo Regao)	Ladrillo	Muros en ladrillo macizo a la vista colocados en estampa generalmente en dos hileras pero no traslapados entre sí. En su gran mayoría estos muros presentan fisuras y grietas generadas por asentamientos del terreno y la vibración permanente de equipos de perforación, maquinaria transitable y machines en operación. Los muros no poseen confinamientos y en los vanos de puertas y ventanas no existen dinteles.
Campamentos 575, 2105 y 2405	Ladrillo	Muros en ladrillo macizo sin confinar. Por la cara exterior el muro está frisado y pintado.
Campamentos 2454, 2555, 2556 y 2557	Ladrillo	Muros en ladrillo macizo a la vista en buen estado y confinados.
Bloques de oficinas generales	Ladrillo	Muros en ladrillo macizo a la vista en buen estado. Recientemente los muros fueron confinados a través de columnetas y vigas de amarre.
Bloque Jurídica y Yacimientos	Ladrillo	Muros en ladrillo macizo a la vista colocados en estampa generalmente en dos hileras pero no traslapados entre si. En su gran mayoría estos muros presentan fisuras y grietas generadas por asentamientos del terreno y la vibración permanente de equipos de perforación, maquinaria transitable y machines en operación. Los muros no poseen confinamientos y en los vanos de puertas y ventanas no existen dinteles.
Casino directivo	Ladrillo	Muros en ladrillo macizo a la vista colocados en estampa generalmente en dos hileras pero no traslapados entre sí. En su gran mayoría estos muros presentan fisuras y grietas generadas por asentamientos del terreno y la vibración permanente de equipos de perforación, maquinaria transitable y machines en operación. Los muros no poseen confinamientos y en los vanos de puertas y ventanas no existen dinteles.
Hospital y Odontología	Ladrillo	Muros en ladrillo macizo a la vista colocados en estampa generalmente en dos hileras pero no traslapados entre sí. En su gran mayoría estos muros presentan fisuras Los muros no poseen confinamientos y en algunos vanos de puertas y ventanas no existen dinteles. Los muros son de tipo estructural pero no cumplen norma sismo resistente.

Fuente: los Autores

Tabla 13. Resumen del diagnóstico por elementos: Enchapes

EDIFICACIÓN	ENCHAPES BAÑO Y COCINA	ESTADO ACTUAL
Casas madera barrio 25 de agosto y campamento 575	Baldosín Cerámica	Material cuyo acabado posee pérdida de brillo y color original, manchado y en algunos casos fisurado. Pérdida parcial de la brecha que origina espacios para acumulación de mugre, moho hongos y bacterias.
Barrios de funcionarios de Ecopetrol (25 de Agosto y El Prado)	Baldosín Cerámica	Material cuyo acabado posee pérdida de brillo y color original, manchado y en algunos casos fisurado. Pérdida parcial de la brecha que origina espacios para acumulación de mugre, moho hongos y bacterias. En algunas viviendas se han cambiado el enchape por se avanzado estado de deterioro.
Barrios no ocupados (Pueblo Nuevo y Pueblo Regao)	Baldosín Cerámica	Material cuyo acabado posee pérdida de brillo y color original, manchado y en algunos casos fisurado. Pérdida parcial de la brecha que origina espacios para acumulación de mugre, moho hongos y bacterias.
Campamentos 575, 2105 y 2405	Baldosín Cerámica	Material cuyo acabado posee pérdida de brillo y color original, manchado y en algunos casos fisurado. Pérdida parcial de la brecha que origina espacios para acumulación de mugre, moho hongos y bacterias.
Campamentos 2454, 2555, 2556 y 2557	Baldosín en cerámica tipo Ticino	Elemento en perfecto estado, recientemente instalado.
Bloques de oficinas generales	Baldosín en cerámica tipo Ticino	Elemento en perfecto estado, recientemente instalado.
Bloque Jurídica y Yacimientos	Baldosín Cerámica	Material cuyo acabado posee pérdida de brillo y color original, manchado y en algunos casos fisurado. Pérdida parcial de la brecha que origina espacios para acumulación de mugre, moho hongos y bacterias.
Casino directivo	Baldosín Cerámica	Material cuyo acabado posee pérdida de brillo y color original, manchado y en algunos casos fisurado. Pérdida parcial de la brecha que origina espacios para acumulación de mugre, moho hongos y bacterias.
Hospital y Odontología	Baldosín en cerámica	Elementos recientemente instalados y en perfecto estado en el área de consulta. El resto de áreas requiere cambio debido al estado de obsolescencia.

Fuente: los Autores

Tabla 14. Resumen del diagnóstico por elementos: Aparatos sanitarios

EDIFICACIÓN No.	TIPO ELEMENTO: APARATOS SANITARIOS	DESCRIPCION ESTADO ACTUAL
Casas madera barrio 25 de agosto y campamento 575	Sanitario de tanque en porcelana	Material cuyo acabado posee pérdida de brillo y color original, manchado y en algunos casos fisurado. Los accesorios como el flotador, empaques, árbol y válvula poseen desgaste y han requerido cambio.
Barrios de funcionarios de Ecopetrol (25 de Agosto y El Prado)	Sanitario de tanque en porcelana	Material cuyo acabado posee pérdida de brillo y color original, manchado y en algunos casos fisurado. Los accesorios como el flotador, empaques, árbol y válvula poseen desgaste y han requerido cambio.
Barrios no ocupados (Pueblo Nuevo y Pueblo Regao)	Sanitario de tanque en porcelana	Material cuyo acabado posee pérdida de brillo y color original, manchado y en algunos casos fisurado. Los accesorios como el flotador, empaques, árbol y válvula poseen desgaste y han requerido cambio.
Campamentos 575, 2105 y 2405	Sanitario de tanque en porcelana	Material cuyo acabado posee pérdida de brillo y color original, manchado y en algunos casos fisurado. Los accesorios como el flotador, empaques, árbol y válvula poseen desgaste y han requerido cambio.
Campamentos 2454, 2555, 2556 y 2557	Sanitario de tanque en porcelana	Elementos recientemente instalados y en perfecto estado.
Bloques de oficinas generales	Sanitario tipo push línea institucional	Elementos recientemente instalados y en perfecto estado.
Bloque Jurídica y Yacimientos	Sanitario tipo push línea institucional	Material cuyo acabado posee pérdida de brillo y color original, manchado y en algunos casos fisurado. Los accesorios como el flotador, empaques, árbol y válvula poseen desgaste y han requerido cambio.
Casino directivo	Sanitario de tanque en porcelana	Material cuyo acabado posee pérdida de brillo y color original, manchado y en algunos casos fisurado. Los accesorios como el flotador, empaques, árbol y válvula poseen desgaste y han requerido cambio.
Hospital y Odontología	Sanitario tipo push línea institucional	Elementos recientemente instalados y en perfecto estado en el área de consulta. El resto de áreas requiere cambio debido al estado de obsolescencia.

Fuente: los Autores

Tabla 15. Resumen del diagnóstico por elementos: Pintura interior

EDIFICACIÓN	TIPO ELEMENTO: PINTURA INTERIOR Y ACABADOS	DESCRIPCION ESTADO ACTUAL
Casas madera barrio 25 de agosto y campamento 575	Tipo Aceite para carpintería en madera o metálica y Tipo Vinilo para muros	Acabado superficial en mal estado. No existe uniformidad en la aplicación de tonos y colores.
Barrios de funcionarios de Ecopetrol (25 de Agosto y El Prado)	Tipo Aceite para carpintería en madera o metálica y Tipo Vinilo para muros	Acabado superficial en mal estado. No existe uniformidad en la aplicación de tonos y colores.
Barrios no ocupados (Pueblo Nuevo y Pueblo Regao)	Tipo Aceite para carpintería en madera o metálica y Tipo Vinilo para muros	Acabado superficial en mal estado. No existe uniformidad en la aplicación de tonos y colores.
Campamentos 575, 2105 y 2405	Tipo Aceite para carpintería en madera o metálica y Tipo Vinilo para muros	Acabado superficial en mal estado. No existe uniformidad en la aplicación de tonos y colores.
Campamentos 2454, 2555, 2556 y 2557	Tipo Aceite para carpintería en madera o metálica y Tipo Vinilo para muros	Acabado en buen estado, recientemente aplicado y estandarizado en color blanco.
Bloques de oficinas generales	Tipo Aceite para carpintería en madera o metálica y Tipo Vinilo para muros	Acabado en buen estado, recientemente aplicado y estandarizado en color blanco.
Bloque Jurídica y Yacimientos	Tipo Aceite para carpintería en madera o metálica y Tipo Vinilo para muros	Acabado en buen estado, recientemente aplicado y estandarizado en color blanco.
Casino directivo	Tipo Aceite para carpintería en madera o metálica y Tipo Vinilo para muros	Acabado superficial en mal estado. No existe uniformidad en la aplicación de tonos y colores.
Hospital y Odontología	Tipo Aceite para carpintería en madera o metálica y Tipo Vinilo para muros	Acabado superficial en mal estado. No existe uniformidad en la aplicación de tonos y colores.

Fuente: los Autores

Tabla 16. Resumen del diagnóstico por elementos: Cielo raso

EDIFICACIÓN No.	TIPO ELEMENTO: CIELO RASO	DESCRIPCION ESTADO ACTUAL
Casas madera barrio 25 de agosto y campamento 575	Madeflex	Acabado superficial en mal estado, presenta embobamiento, manchas y la estructura de soporte de madera posee desgaste. En muchos casos la madera ha sido atacada por termitas.
Barrios de funcionarios de Ecopetrol (25 de Agosto y El Prado)	Madeflex	Acabado superficial en mal estado, presenta embobamiento, manchas y la estructura de soporte de madera posee desgaste. En muchos casos la madera ha sido atacada por termitas.
Barrios no ocupados (Pueblo Nuevo y Pueblo Regao)	Madeflex	Acabado superficial en mal estado, presenta embobamiento, manchas y la estructura de soporte de madera posee desgaste. En muchos casos la madera ha sido atacada por termitas.
Campamentos 575, 2105 y 2405	Madeflex	Acabado superficial en mal estado, presenta embobamiento, manchas y la estructura de soporte de madera posee desgaste. En muchos casos la madera ha sido atacada por termitas.
Campamentos 2454, 2555, 2556 y 2557	Fibra mineral plano	Acabado en buen estado, recientemente aplicado y estandarizado en color blanco.
Bloques de oficinas generales	Fibra mineral plano	Laminas en perfecto estado, con buen acabado.
Bloque Jurídica y Yacimientos	Asbesto	Láminas en regular estado. En algunos casos se observa desprendimiento de la estructura y fisuras.
Casino directivo	Asbesto	Láminas en regular estado. En algunos casos se observa desprendimiento de la estructura y fisuras.
Hospital y Odontología	Asbesto	Láminas en regular estado. En algunos casos se observa desprendimiento de la estructura y fisuras.

Fuente: los Autores

Tabla 17. Resumen del diagnóstico por elementos: Puertas

EDIFICACIÓN	TIPO ELEMENTO: PUERTAS	ESTADO ACTUAL
Casas madera barrio 25 de agosto y campamento 575	Madera	Puerta en madera entamboradas con marco y acabado superficial con varias capas de pintura de aceite no uniformes. En algunos casos la madera ha sufrido deterioro por ataque de termitas y humedad. Las cerraduras son obsoletas y han sido reparadas varias veces.
Barrios de funcionarios de Ecopetrol (25 de Agosto y El Prado)	Madera	Puerta en madera entamboradas con marco y acabado superficial con varias capas de pintura de aceite no uniformes. En algunos casos la madera ha sufrido deterioro por ataque de termitas y humedad. Las cerraduras son obsoletas y han sido reparadas varias veces.
Barrios no ocupados (Pueblo Nuevo y Pueblo Regao)	Madera	Puerta en madera entamboradas con marco y acabado superficial con varias capas de pintura de aceite no uniformes. En algunos casos la madera ha sufrido deterioro por ataque de termitas y humedad. Las cerraduras son obsoletas y han sido reparadas varias veces.
Campamentos 575, 2105 y 2405	Madera	Puerta en madera entamboradas con marco y acabado superficial con varias capas de pintura de aceite no uniformes. En algunos casos la madera ha sufrido deterioro por ataque de termitas y humedad. Las cerraduras son obsoletas y han sido reparadas varias veces.
Campamentos 2454, 2555, 2556 y 2557	Madera	Puertas en perfecto estado estructural, de buena apariencia, protegida con capa de barniz color miel y cerradura de seguridad con mango en aluminio anodizado. Las puertas exteriores son de marco metálico y vidrio con aparente estado de conservación.
Bloques de oficinas generales	Vidrio templado exteriores, madera interiores	Puerta en vidrio templado de 10 MM con manijas tubulares de 1 1/2"y chapetas en acero, zócalos, accesorios, cerraduras de seguridad, bisagras hidráulicas y película sand blasting recientemente instaladas. El bloque posee salida de emergencia con chapa antipánico y puertas internas de madera entamborada en perfecto estado.
Bloque Jurídica y Yacimientos	Madera	Puerta en madera entamboradas con marco y acabado superficial con varias capas de pintura de aceite no uniformes. En algunos casos la madera ha sufrido deterioro por ataque de termitas y humedad. Las cerraduras son obsoletas y han sido reparadas varias veces.
Casino directivo	Madera	Puerta en madera entamboradas con marco y acabado superficial con varias capas de pintura de aceite no uniformes. En algunos casos la madera ha sufrido deterioro por ataque de termitas y humedad. Las cerraduras son obsoletas y han sido reparadas varias veces.
Hospital y Odontología	Madera	Puerta en madera entamboradas con marco y acabado superficial con varias capas de pintura de aceite no uniformes. En algunos casos la madera ha sufrido deterioro por ataque de termitas y humedad. Las cerraduras son obsoletas y han sido reparadas varias veces.

Fuente: los Autores

Tabla 18. Resumen del diagnóstico por elementos: Marcos ventana

EDIFICACIÓN	TIPO ELEMENTO: MARCOS VENTANA	DESCRIPCION ESTADO ACTUAL
Casas madera barrio 25 de agosto y campamento 575	Madera	En madera de acabado superficial con varias capas de pintura de aceite no uniformes. En algunos casos la madera ha sufrido deterioro por ataque de termitas y humedad. Faltan herrajes y los vidrios presentan desgaste natural.
Barrios de funcionarios de Ecopetrol (25 de Agosto y El Prado)	Madera	En madera de acabado superficial con varias capas de pintura de aceite no uniformes. En algunos casos la madera ha sufrido deterioro por ataque de termitas y humedad. Faltan herrajes y los vidrios presentan desgaste natural.
Barrios no ocupados (Pueblo Nuevo y Pueblo Regao)	Madera	En madera de acabado superficial con varias capas de pintura de aceite no uniformes. En algunos casos la madera ha sufrido deterioro por ataque de termitas y humedad. Faltan herrajes y los vidrios presentan desgaste natural.
Campamentos 575, 2105 y 2405	Madera	En madera de acabado superficial con varias capas de pintura de aceite no uniformes. En algunos casos la madera ha sufrido deterioro por ataque de termitas y humedad. Faltan herrajes y los vidrios presentan desgaste natural.
Campamentos 2454, 2555, 2556 y 2557	Aluminio	Marco en aluminio anodizado color mate en perfecto estado y ventana en vidrio de 6 mm.
Bloques de oficinas generales	Vidrio 6 mm	Ventana en vidrio de 6 mm con película polarizada con marco en concreto en perfecto estado.
Bloque Jurídica y Yacimientos	Vidrio 6 mm	Ventana en vidrio de 6 mm con película polarizada con marco en concreto en perfecto estado.
Casino directivo	Metálica	Marcos en lámina de acero pintadas en aceite color aluminio, con buen estado de conservación.
Hospital y Odontología	Metálica	Marcos en lámina y rejilla de acero pintadas en aceite color aluminio, con buen estado de conservación.

Fuente: los Autores

Tabla 19. Resumen del diagnóstico por elementos: Anjeos

EDIFICACIÓN No.	TIPO ELEMENTO: ANJEOS VANOS	DESCRIPCION ESTADO ACTUAL
Casas madera barrio 25 de agosto y campamento 575	Metálico	Anjeo metálico en estado de corrosión.
Barrios de funcionarios de Ecopetrol (25 de Agosto y El Prado)	Metálico	Anjeo metálico en estado de corrosión.
Barrios no ocupados (Pueblo Nuevo y Pueblo Regao)	Metálico	Anjeo metálico en estado de corrosión.
Campamentos 575, 2105 y 2405	Metálico	Anjeo en aluminio en perfecto estado.
Campamentos 2454, 2555, 2556 y 2557	No posee	No posee
Bloques de oficinas generales	No posee	No posee
Bloque Jurídica y Yacimientos	Metálico	Anjeo metálico en estado de corrosión.
Casino directivo	Metálico	Anjeo metálico en estado de corrosión.

Fuente: los Autores

Tabla 20. Resumen del diagnóstico por elementos: Cocina

EDIFICACIÓN No.	TIPO ELEMENTO: COCINA	DESCRIPCION ESTADO ACTUAL
Casas madera barrio 25 de agosto y campamento 575	Cocina con mesón en concreto y gabinets en madera	Las paredes y mesón poseen enchape de aspecto obsoleto y en algunos casos fisurado. Los gabinetes de cocina poseen un alto grado de deterioro y humedad.
Barrios de funcionarios de Ecopetrol (25 de Agosto y El Prado)	Cocina con mesón en concreto y gabinets en madera	Las paredes y mesón poseen enchape de aspecto obsoleto y en algunos casos fisurado. Los gabinetes de cocina poseen un alto grado de deterioro y humedad.
Barrios no ocupados (Pueblo Nuevo y Pueblo Regao)	Cocina con mesón en concreto y gabinets en madera	Las paredes y mesón poseen enchape de aspecto obsoleto y en algunos casos fisurado. Los gabinetes de cocina poseen un alto grado de deterioro y humedad.
Campamentos 575, 2105 2405, 2555, 2556 y 2557	No posee	No posee
Campamento 2454	Cocina con mesón en concreto y gabinets en madera	Las paredes y mesón poseen enchape tipo ticcino de excelente presentación y gabinetes en madera de acabado en barniz color miel en perfecto estado.
Bloques de oficinas generales	Cafetería con mesón en concreto y gabinets en madera	Las paredes y mesón poseen enchape tipo ticino de excelente presentación y gabinetes en madera de acabado de fórmica blanca en perfecto estado.
Bloque Jurídica y Yacimientos	Cafetería con mesón en concreto y gabinets en madera	Las paredes y mesón poseen enchape obsoleto y gabinetes en madera de acabado en regular estado.
Casino directivo	Cocina tipo industria	Cocina tipo industria con acabados de baja calidad, con alto grado de deterioro en piso, muros, bancos de acero inoxidable, plancha defectuosa y equipos de cocina obsoletos.
Hospital y Odontología	Cafetería con mesón en concreto y gabinets en madera	Las paredes y mesón poseen enchape obsoleto y gabinetes en madera de acabado en regular estado.

Fuente: los Autores

Tabla 21. Resumen del diagnóstico por elementos: Closets

EDIFICACIÓN No.	TIPO ELEMENTO: CLOSETS	DESCRIPCION ESTADO ACTUAL
Casas madera barrio 25 de agosto y campamento 575	Madera	Elemento en madera entamboradas con marco y acabado superficial con varias capas de pintura de aceite no uniformes. En algunos casos la madera ha sufrido deterioro por ataque de termitas y humedad. Los herrajes son obsoletos o no poseen, las puertas están desajustadas y los entrepaños deformados.
Barrios de funcionarios de Ecopetrol (25 de Agosto y El Prado)	Madera	Elemento en madera entamboradas con marco y acabado superficial con varias capas de pintura de aceite no uniformes. En algunos casos la madera ha sufrido deterioro por ataque de termitas y humedad. Los herrajes son obsoletos o no poseen, las puertas están
Barrios no ocupados (Pueblo Nuevo y Pueblo Regao)	Madera	Elemento en madera entamboradas con marco y acabado superficial con varias capas de pintura de aceite no uniformes. En algunos casos la madera ha sufrido deterioro por ataque de termitas y humedad. Los herrajes son obsoletos o no poseen, las puertas están
Campamentos 575, 2105 y 2405	Madera	Elemento en madera entamboradas con marco y acabado superficial con varias capas de pintura de aceite no uniformes. En algunos casos la madera ha sufrido deterioro por ataque de termitas y humedad. Los herrajes son obsoletos o no poseen, las puertas están
Campamentos 2454, 2555, 2556 y 2557	Madera	Closets de madera en perfecto estado de acabado elegante y puerta corrediza con interior en vitrialambre.
Bloques de oficinas generales	No posee	No posee
Bloque Jurídica y Yacimientos	No posee	No posee
Casino directivo	No posee	No posee
Hospital y Odontología	No posee	No posee

Fuente: los Autores

Tabla 22. Resumen del diagnóstico por elementos: Refrigeración

EDIFICACIÓN No.	TIPO ELEMENTO: AIRE ACONDICIONADO	DESCRIPCION ESTADO ACTUAL
Casas madera barrio 25 de agosto y campamento 575	Tipo ventana	Los aires acondicionados son instalados por los residentes de las viviendas.
Barrios de funcionarios de Ecopetrol (25 de Agosto y El Prado)	Tipo ventana	Los aires acondicionados son instalados por los residentes de las viviendas. Existen 6 casas que poseen aire central que requieren mantenimiento por su uso.
Barrios no ocupados (Pueblo Nuevo y Pueblo Regao)	No posee	No posee
Campamentos 575, 2105 y 2405	Tipo Central	Aire central compuesto por unidad manejadora y compresor. Requiere reposición porque sobrepasa su vida útil y presentan mal funcionamiento.
Campamentos 2454, 2555, 2556 y 2557	Tipo Central con autonomía en cada habitación	Aire central compuesto por unidad Chiller y Fan coil por en cada habitación. El sistema acaba de ser instalado y puesto en funcionamiento.
Bloques de oficinas generales	Tipo Central	Aire central compuesto por unidad manejadora y compresor recientemente reparados.
Bloque Jurídica y Yacimientos	Tipo Central	Aire central compuesto por unidad manejadora y compresor. En proceso de reposición.
Casino directivo	Tipo Central	Aire central compuesto por unidad manejadora y compresor. Requiere reposición porque sobrepasa su vida útil.
Hospital y Odontología	Tipo Central	Aire central compuesto por unidad manejadora y compresor. Requiere reposición porque sobrepasa su vida útil.

Fuente: los Autores

Tabla 23. Resumen del diagnóstico por elementos: Estructura

EDIFICACIÓN No.	TIPO ELEMENTO: ESTRUCTURA	DESCRIPCION ESTADO ACTUAL
Casas madera barrio 25 de agosto y campamento 575	Columnas y vigas de madera.	Estructura soportada en columnas y vigas de madera rolliza, que presenta señales de flectación - pandeo por el uso y desgaste superficial. En algunos elementos se observan fisuras y fallas en zona de tensión y fallas de cortante en ménsulas. Los esfuerzos verticales son trasladados a los cimientos a través de columnas de madera apoyados sobre una estructura en madera apoyada en pilares en ladrillo que a su vez soporta las tablas del piso.
Barrios de funcionarios de Ecopetrol (25 de Agosto y El Prado)	Muro de carga	Muro en ladrillo macizo que soporta la estructura en madera de apoyo de la cubierta. Los esfuerzos verticales son trasladados a los cimientos a través de los muros de carga apoyados sobre cimiento corrido en concreto ciclópeo. Se presentan fisuras o grietas en muros, generados por asentamientos del suelo, fisuras en vanos generados por falta de dinteles y fisuras en elementos no estructurales como alfajías y ventanas. Los muros no están confinados, la estructura no se encuentra amarrada, ni posee diseño para resistir fuerzas horizontales o sismos.
Barrios no ocupados (Pueblo Nuevo y Pueblo Regao)	Muro de carga	Muro en ladrillo macizo que soporta la estructura en madera de apoyo de la cubierta. Los esfuerzos verticales son trasladados a los cimientos a través de los muros de carga apoyados sobre cimiento corrido en concreto ciclópeo. Se presentan fisuras o grietas en muros, generados por asentamientos del suelo, fisuras en vanos generados por falta de dinteles y fisuras en elementos no estructurales como alfajías y ventanas. Los muros no están confinados, la estructura no se encuentra amarrada, ni posee diseño para resistir fuerzas horizontales o sismos.
Campamentos 575, 2105 y 2405	Muro de carga	Muro en ladrillo macizo que soporta la estructura en madera de apoyo de la cubierta. Los esfuerzos verticales son trasladados a los cimientos a través de los muros de carga apoyados sobre cimiento corrido en concreto ciclópeo. Se presentan fisuras o grietas en muros, generados por asentamientos del suelo, fisuras en vanos generados por falta de dinteles y fisuras en elementos no estructurales como alfajías y ventanas. Los muros no están confinados, la estructura no se encuentra amarrada, ni posee diseño para resistir fuerzas horizontales o sismos.

Campamentos 2454, 2555, 2556 y 2557	Muro de carga	Muro en ladrillo macizo que están confinados por columnas y vigas de concreto reforzado que se apoyan sobre cimiento ciclópeo. La construcción cumple norma sismo resistente.
Bloques de oficinas generales	Muro de carga	Muro en ladrillo macizo que están confinados por columnas y vigas de concreto reforzado que se apoyan sobre cimiento ciclópeo. La construcción cumple norma sismo resistente.
Bloque Jurídica y Yacimientos	Muro de carga	Muro en ladrillo macizo que soporta la estructura en madera de apoyo de la cubierta. Los esfuerzos verticales son trasladados a los cimientos a través de los muros de carga apoyados sobre cimiento corrido en concreto ciclópeo. Los muros no están confinados, y en apariencia no poseen diseño para resistir fuerzas horizontales o sismos.
Casino directivo	Muro de carga	Muro en ladrillo macizo que soporta la estructura en metálica de apoyo de la cubierta. Los esfuerzos verticales son trasladados a los cimientos a través de los muros de carga apoyados sobre cimiento corrido en concreto ciclópeo. Los muros no están confinados, la estructura no se encuentra amarrada, ni posee diseño para resistir fuerzas horizontales o sismos.
Hospital y Odontología	Muro de carga	Muro en ladrillo macizo que soporta la estructura de la cubierta. Los esfuerzos verticales son trasladados a los cimientos a través de los muros de carga y columnas de ladrillo apoyados sobre cimiento corrido en concreto ciclópeo. Los muros no están confinados, la estructura no se encuentra amarrada, ni posee diseño para resistir fuerzas horizontales o sismos. No cumple diseño sismo resistente para este tipo de edificaciones.

Fuente: los Autores

Tabla 24. Resumen del diagnóstico por elementos: Redes internas

EDIFICACIÓN No.	TIPO ELEMENTO: REDES INTERNAS	DESCRIPCION ESTADO ACTUAL
Casas madera barrio 25 de agosto y campamento 575	Redes internas	<p>Redes Eléctricas: redes en mal estado con cierto grado de desgaste. No cumplen norma RETIE.</p> <p>Redes Hidráulicas: redes en tubería de acero galvanizado con alto grado de corrosión.</p> <p>Redes Sanitarias: redes en tubería de acero carbón con alto grado de corrosión.</p>
Barrios de funcionarios de Ecopetrol (25 de Agosto y El Prado)	Redes internas	<p>Redes Eléctricas: redes en mal estado con cierto grado de desgaste. No cumplen norma RETIE.</p> <p>Redes Hidráulicas: redes en tubería de acero galvanizado con alto grado de corrosión.</p> <p>Redes Sanitarias: redes en tubería de acero carbón con alto grado de corrosión.</p>
Barrios no ocupados (Pueblo Nuevo y Pueblo Regao)	Redes internas	<p>Redes Eléctricas: redes en mal estado con cierto grado de desgaste. No cumplen norma RETIE.</p> <p>Redes Hidráulicas: redes en tubería de acero galvanizado con alto grado de corrosión.</p> <p>Redes Sanitarias: redes en tubería de acero carbón con alto grado de corrosión.</p>
Campamentos 575, 2105 y 2405	Redes internas	<p>Redes Eléctricas: redes en mal estado con cierto grado de desgaste. No cumplen norma RETIE.</p> <p>Redes Hidráulicas: redes en tubería de acero galvanizado con alto grado de corrosión.</p> <p>Redes Sanitarias: redes en tubería de acero carbón con alto grado de corrosión.</p>
Campamentos 2454, 2555, 2556 y 2557	Redes internas	<p>Redes Eléctricas: redes en mal estado con cierto grado de desgaste. No cumplen norma RETIE.</p> <p>Redes Hidráulicas: redes en tubería de acero galvanizado con alto grado de corrosión.</p> <p>Redes Sanitarias: redes en tubería de acero carbón con alto grado de corrosión.</p>

Bloques de oficinas generales	Redes internas	<p>Redes Eléctricas: redes según norma RETIE. Cable N° 12, tubería conduit eléctrica, cuarto de breakers diseñados para 40 puestos.</p> <p>Redes Hidráulicas: redes en tubería de PVC presión de media pulgada recientemente instalada.</p> <p>Redes Sanitarias: redes en tubería de PVC Sanitaria de 3 y 4 pulgadas recientemente instalada.</p>
Bloque Jurídica y Yacimientos	Redes internas	<p>Redes Eléctricas: redes en mal estado con cierto grado de desgaste. No cumplen norma RETIE.</p> <p>Redes Hidráulicas: redes en tubería de acero galvanizado con alto grado de corrosión.</p> <p>Redes Sanitarias: redes en tubería de acero carbón con alto grado de corrosión.</p>
Casino directivo	Redes internas	<p>Redes Eléctricas: redes en mal estado con cierto grado de desgaste. No cumplen norma RETIE.</p> <p>Redes Hidráulicas: redes en tubería de acero galvanizado con alto grado de corrosión.</p> <p>Redes Sanitarias: redes en tubería de acero carbón con alto grado de corrosión.</p>
Hospital y Odontología	Redes internas	<p>Redes Eléctricas: redes en mal estado con cierto grado de desgaste. No cumplen norma RETIE.</p> <p>Redes Hidráulicas: redes en tubería de acero galvanizado con alto grado de corrosión.</p> <p>Redes Sanitarias: redes en tubería de acero carbón con alto grado de corrosión.</p>

Fuente: los Autores

Tabla 25. Resumen del diagnóstico por elementos: Cubiertas

EDIFICACIÓN No.	TIPO ELEMENTO: CUBIERTAS	DESCRIPCION ESTADO ACTUAL
Casas madera barrio 25 de agosto y campamento 575	Teja Lámina de Zinc	Láminas de zinc con alto grado de desgaste y corrosión, protegida con una capa de impermeabilizante tipo MASTERTOP.
Barrios de funcionarios de Ecopetrol (25 de Agosto y El Prado)	Teja en asbesto cemento	Láminas de asbesto cemento desgastadas por inclemencias del clima, cristalizadas y fisuradas por altas temperaturas y alta humedad.
Barrios no ocupados (Pueblo Nuevo y Pueblo Regao)	Teja en asbesto cemento	Láminas de asbesto cemento desgastadas por inclemencias del clima, cristalizadas y fisuradas por altas temperaturas y alta humedad.
Campamentos 575, 2105 y 2405	Teja Lámina de Zinc	Láminas de zinc con alto grado de desgaste y corrosión, protegida con una capa de impermeabilizante tipo MASTERTOP.
Campamentos 2454, 2555, 2556 y 2557	Teja Termoacústica	Lámina Termoacústica tipo sándwich con relleno en poliuretano de alta densidad, recientemente instaladas.
Bloques de oficinas generales	Teja Termoacústica	Lámina Termoacústica tipo sándwich con relleno en poliuretano de alta densidad, recientemente instaladas.
Bloque Jurídica y Yacimientos	Teja en asbesto cemento	Láminas de asbesto cemento desgastadas por inclemencias del clima, cristalizadas y fisuradas por altas temperaturas y alta humedad.
Casino directivo	Teja en asbesto cemento	Láminas de asbesto cemento desgastadas por inclemencias del clima, cristalizadas y fisuradas por altas temperaturas y alta humedad.
Hospital y Odontología	Teja en asbesto cemento	Láminas de asbesto cemento desgastadas por inclemencias del clima, cristalizadas y fisuradas por altas temperaturas y alta humedad.

Fuente: los Autores

Tabla 26. Resumen del diagnóstico por elementos: Fachadas

EDIFICACIÓN No.	TIPO ELEMENTO: FACHADAS	DESCRIPCION ESTADO ACTUAL
Casas madera barrio 25 de agosto y campamento 575	Ladrillo a la vista	Fachada en ladrillo a la vista sin protección superficial, ni tratamiento con hidrófugo.
Barrios de funcionarios de Ecopetrol (25 de Agosto y El Prado)	Ladrillo a la vista	Fachada en ladrillo a la vista sin protección superficial, ni tratamiento con hidrófugo.
Barrios no ocupados (Pueblo Nuevo y Pueblo Regao)	Ladrillo a la vista	Fachada en ladrillo a la vista sin protección superficial, ni tratamiento con hidrófugo.
Campamentos 575, 2105 y 2405	Ladrillo a la vista	Fachada en ladrillo a la vista sin protección superficial, ni tratamiento con hidrófugo.
Campamentos 2454, 2555, 2556 y 2557	Ladrillo a la vista	Fachada en ladrillo a la vista sin protección superficial, ni tratamiento con hidrófugo.
Bloques de oficinas generales	Ladrillo a la vista	Fachada en ladrillo a la vista sin protección superficial, ni tratamiento con hidrófugo.
Bloque Yacimientos	Fachada en pintura exterior	Pañete sobre muro y pintura exterior.
Casino directivo	Ladrillo a la vista	Fachada en ladrillo a la vista sin protección superficial, ni tratamiento con hidrófugo.
Hospital y Odontología	Ladrillo a la vista	Fachada en ladrillo a la vista sin protección superficial, ni tratamiento con hidrófugo.

Fuente: los Autores

4.4 ANÁLISIS DE LAS CAUSAS DE FALLA REITERATIVAS

Del análisis de las causas más comunes de falla en las edificaciones, se destacan el deterioro del material por fatiga y desgaste natural, pérdida de resistencia, pérdida de acabado superficial y ataque biológico entre otros. A continuación se identifican cada uno de los elementos que componen la edificación con las causas principales de falla:

Tabla 27. Causalidad de fallas en edificaciones del campo El Centro.

Tipo elemento	Causas principales de falla
Cimientos	Estructura sin refuerzo de acero. El cimiento no está amarrado a la estructura de la edificación de acuerdo a lo exigido en el código sismo resistente.
Sistema colector aguas negras	Cajas de concreto y ladrillo sin mantenimiento superficial, mortero desgastado por la acción bioquímica de bacterias y hongos, intrusión de raíces de árboles que generan taponamiento; No existe segregación de aguas lluvias y aguas negras.
Pisos	Agrietamientos en pisos por asentamientos del suelo, baldosas desgastadas por desgaste físico y daños ocasionados por intrusión de raíces de árboles.
Muros	Muros agrietados por falta de confinamiento, no existen columnetas ni vigas de amarre.
Enchapes	Pérdida de esmalte por desgaste físico, agrietamiento por fallas en muros.
Aparatos sanitarios	Desgaste natural de los elementos, modelos obsoletos que no permiten el ahorro de agua. Elementos que ya cumplieron su vida útil y no se ha hecho su reposición respectiva.
Pintura y acabados	Aplicación de varias capas de pintura en capas no uniformes, agrietamiento de muros.
Cielo raso	Cielo raso de material de asbesto no recomendado por su toxicidad. En cielo raso en madera presenta abombamiento, humedad y ataque biológico por comején.
Puertas madera	Puertas corroídas por la acción de comején. Acabado superficial no uniforme por la aplicación de diversas capas de pintura de esmalte.
Marcos puertas y ventanas	Marcos de puertas y ventana corroídas por la acción de comején. Acabado superficial no uniforme por la aplicación de diversas capas de pintura de esmalte.
Angeos	Angeos en malla metálica desgastada por acción de la corrosión.
Closets	Puertas, repisas y entrepaños deteriorados por la acción de comején. Acabado superficial no uniforme por la aplicación de diversas capas de pintura de esmalte.
Sistema aire acondicionado	Falta de mantenimiento preventivo y reposición de equipos obsoletos que demandan mayor energía.
Estructura	No existe refuerzo estructural de las edificaciones.
Redes internas: eléctricas, hidráulicas y sanitarias	Redes eléctricas no actualizadas en conexiones subestandar. Redes hidráulicas en material de hierro galvanizado cuya reposición y mantenimiento implica altos costos. Redes sanitarias en tubería de hierro corroída y pérdida de espesor.
Cubierta	Cubierta en teja de asbesto con desgaste producto de la lluvia, altas temperaturas, moho, rotura por caída de ramas.
Fachada	Falta de mantenimiento a la fachada y áreas externas de la edificación. No posee tratamiento con hidrófugo.

Fuente: los Autores

De la tabla 27, se pueden identificar las fallas más comunes en las edificaciones y sus causas principales. Todo ello conlleva a identificar las actividades reiterativas que en el proceso de mantenimiento de instalaciones del campo El Centro tienen un carácter de tipo correctivo o demandan la acción de una intervención mayor que implica la recuperación parcial o total de elementos.

Figura 6. Determinación del mantenimiento correctivo en edificaciones del campo El Centro



Fuente: los Autores

4.5 ACTIVIDADES REITERATIVAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Las actividades de mantenimiento de instalaciones que son reiterativas durante la ejecución de los contratos de mantenimiento que generan un mayor impacto en los costos, son las que se listan a continuación:

- Destaponamiento de cañerías, cajas de inspección y pozos sépticos.
- Reparación de andenes, antepisos, pisos y enchapes de piso.
- Reparación de muros agrietados con grapas y resane de muros.
- Cambio de enchapes de muros y piso en baños y cocina.

- Reparación de fugas de sanitarios, cambio de accesorios sanitarios y reposición de aparatos sanitarios.
- Resane y pintura de muros interiores.
- Cambio de láminas de cielo raso y reparación de estructura del cielo raso.
- Cambio y reparación de jambas, listones, marcos de madera.
- Cambio de angeos.
- Reparación de puertas de closets, repisas y entramado de madera.
- Limpieza de ductos de aire acondicionado, llenado de gas de enfriamiento, engrase equipos.
- Reforzamiento estructural: construcción de zapatas, columnas, vigas y viguetas.
- Cambio de ductos eléctricos, cableado, toma corrientes, interruptores y reposición de cajas o tableros eléctricos.
- Reparación de fugas y cambio de ductos hidráulicos.
- Reparación de fugas y cambio de ductos de aguas negras.
- Cambio de tejas de cubierta e impermeabilizaciones.
- Pintura fachada.

5. ANALISIS Y EVALUACIÓN DE COSTOS

En la implementación de un modelo de gestión de activos se debe analizar la variable costos asociada al tipo de mantenimiento que se efectúa, con la finalidad de comparar los beneficios en ahorro que trae el modelo propuesto (preventivo) frente al modelo en ejecución (correctivo). Para tal fin, se tomará como punto de referencia los costos de mantenimiento de las instalaciones físicas residenciales y administrativas del campo El Centro en el periodo 2009.

Como punto de partida para el estudio comparativo de la variable costos, se toma en cuenta el valor ejecutado de dos contratos cuyo objeto consiste en el mantenimiento menor de instalaciones en el campo El Centro de Ecopetrol S.A. Cada contrato tiene como alcance atender las necesidades locativas de las dos superintendencias asociadas al campo, la Superintendencia de Operaciones La Cira Infantas (SCI) y la Superintendencia de Operaciones de Mares (SOM).

Durante el 2009 a través de dichos contratos se realizaron actividades correctivas tales como adecuación de viviendas, adecuación de puestos de trabajo en oficinas, pintura de edificaciones administrativas y campamentos, obras civiles tales como fontanería, albañilería, cerrajería, corrección de fugas hidráulicas, limpieza de pozos sépticos y en general se llevó a cabo todo tipo de obras menores de mantenimiento de instalaciones, con excepción de aquellas obras eléctricas y de comunicación (voz y datos) que hacen parte del alcance de otros contratos que no son del portafolio de Servicios Administrativos.

En la tabla 28, se identifica una diferencia en costos para cada Superintendencia, la cual radica en el tamaño y distribución de las áreas a las cuales se realiza el mantenimiento. No obstante, esta variación no se tiene en cuenta para el análisis financiero dado que se emplearán datos globales para determinar el costo total de

mantenimiento durante el año 2009, el cual ascendió a la suma de \$1.304.899.908 pesos colombianos.

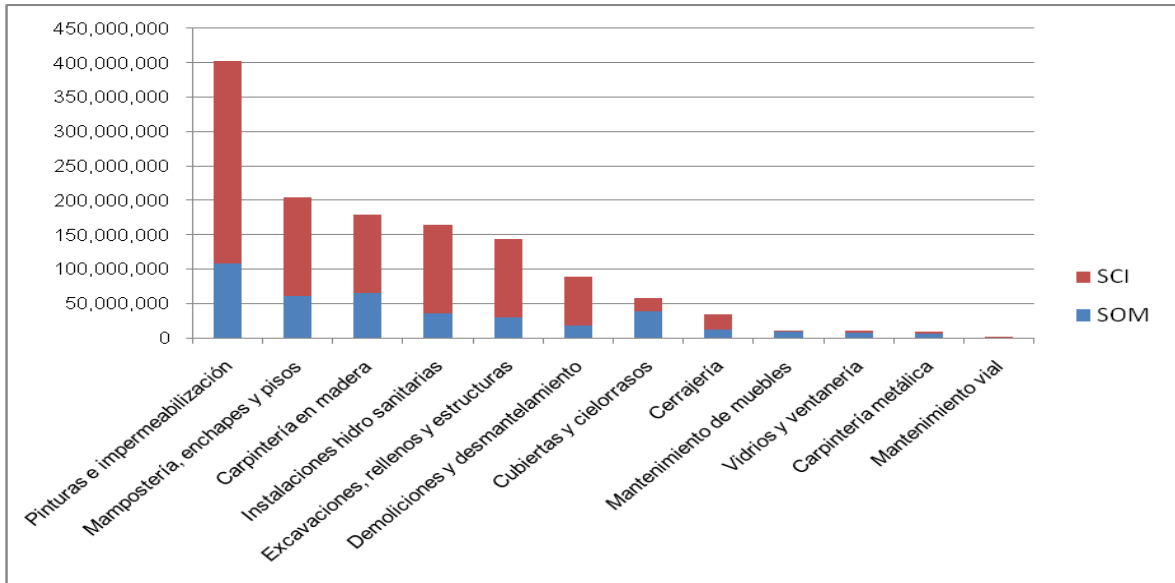
Tabla 28. Costos contratos de mantenimiento menor año 2009

Actividades principales	Costo Contratos SCI	Costo Contratos SOM
Demoliciones y desmantelamiento	18.327.125	70.087.859
Excavaciones, rellenos y estructuras	29.026.848	113.966.900
Mampostería, enchapes y pisos	60.909.475	143.118.700
Pinturas e impermeabilización	108.412.302	294.313.937
Cubiertas y cielorrasos	38.996.013	19.500.431
Instalaciones hidro sanitarias	34.961.103	129.409.888
Vidrios y ventanería	7.852.425	2.764.240
Mantenimiento de muebles	9.370.000	1.848.125
Cerrajería	11.678.125	22.041.180
Carpintería en madera	65.025.628	114.205.138
Mantenimiento vial	0	351.750
Carpintería metálica	5.896.063	2.836.656
TOTAL	390.455.104	914.444.804

Fuente: los Autores

En la figura 7 se grafican los costos por macro actividades de mantenimiento de instalaciones, en la cual se puede identificar que las actividades de pintura, mampostería, enchapes, pisos, instalaciones hidráulicas sanitarias, carpintería en madera, excavaciones, rellenos, estructuras, demoliciones y desmantelamientos, son las tareas más representativas en cuanto a su valor.

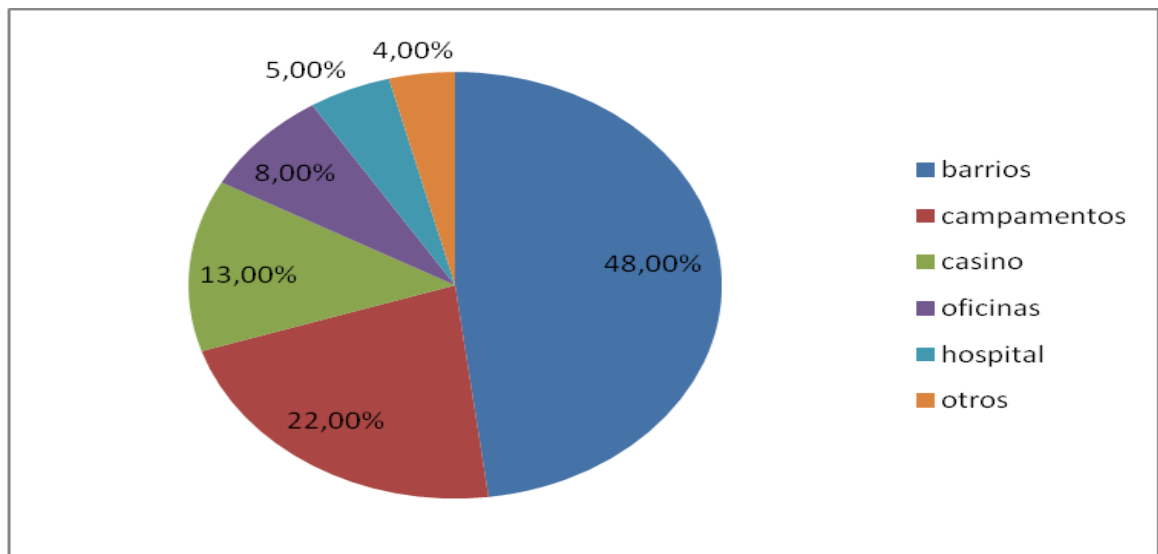
Figura 7. Diagrama comparativo de actividades de mantenimiento menor para el año 2009



Fuente: los Autores

Otro punto de vista del análisis de costos, es la distribución de los mismos por áreas o espacios físicos, en la que los costos de mantenimiento de los barrios son superiores a los costos de mantenimiento de las otras áreas tales como los campamentos, casino, oficinas y hospital.

Figura 8. Diagrama de distribución del costo de mantenimiento por áreas para el 2009.



La distribución de los costos de mantenimiento permiten identificar las áreas más críticas que requieren del desarrollo de una estrategia de mantenimiento preventivo, posterior a la puesta en marcha de las recomendaciones dadas en el diagnóstico de instalaciones presentado en el capítulo 4 del presente documento.

En cuanto a la criticidad definida para el mantenimiento de las instalaciones, se deben tener en cuenta las variables de uso de la edificación, desgaste o fallas de los elementos constitutivos de las edificaciones, frecuencia de los mantenimientos, métodos constructivos entre otras.

5.1 COSTOS DE LAS ACTIVIDADES MÁS REPRESENTATIVAS

Según la ejecución de actividades de mantenimiento de instalaciones, los mayores costos se observan en aquellos ítems de mayor precio y mayor ejecución, siendo los más representativos aquellos ítems cuya ejecución repetitiva ó reiterada consume las cantidades planeadas para ejecutar durante la vigencia programada del contrato. La información señalada a continuación indica la descripción de la actividad y sus respectivos costos de ejecución de forma unitaria y total, causados en la vigencia 2009 para cada una de las macro actividades de mantenimiento de instalaciones.

Tabla 29. Costos de las actividades más representativas

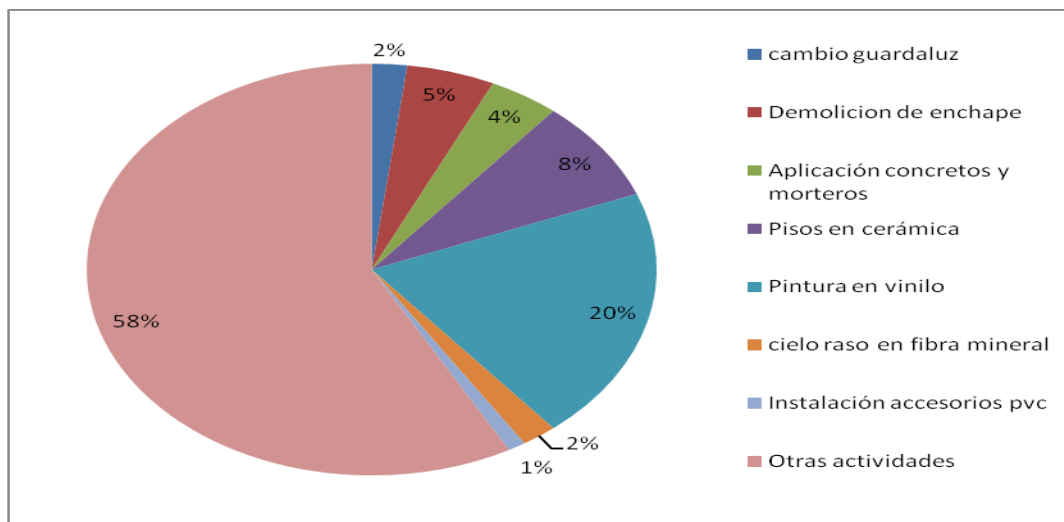
Macro actividad	Actividad	Unidad	Costo unitario promedio (\$)	Costo ejecutado 2009 (\$)
Demoliciones y desmantelamiento	Retiro y/o desmonte cielo raso	M ²	12.500	7.313.625
	Demolición de enchape	M ²	43.125	59.450.400
Excavaciones, rellenos y estructuras	Suministro e instalación concreto para Elementos Estructurales (fc': 3000 psi)	M ³	600.000	8.631.250
	Suministro e instalación de	M ³	557.500	39.908.080

	mortero			
Mampostería enchapes y pisos	Suministrar e instalar piso en cerámica de 30x30 cm	M ²	71.875	98.601.438
Pintura e impermeabilización	Pintura Vinilo tipo 1 (incluyendo resanes menores y dos manos de pintura)	M ²	15.481	267.372.557
Cubiertas y cielorrasos	Suministro e instalación de Lámina en fibra mineral para cielo raso (Incluye Estructura)	M ²	62.500	27.129.375
	Limpieza, barrido de cubiertas y evacuación de materiales de desecho	M ²	15.000	8.624.400
Instalaciones hidro – sanitarias	Desmonte, destape y montaje sanitario Manual y/o Productos Químicos	UN	96.250	3.946.250
	Suministrar e instalar accesorio pvc presión 1/2"	UN	20.000	20.400.000
Vidrios y ventanería	Cristal incoloro de 4 mm, 5mm para ventanas	M ²	275.000	3.137.750
	Suministro e instalación riel en división en aluminio y acrílico	ML	11.250	745.875
Mantenimiento de muebles	Mantenimiento Gaveta	UN	62.500	6.187.500
	Suministro o instalación de rodachín silla giratoria	UN	11.875	890.625
Cerrajería	Cambio guardas chapa de seg. (2 cilindros) y un duplicado	UN	25.000	5.375.000
	Suministro e instalación chapas de seguridad (SAFE o YALE)	UN	105.625	5.703.750
Carpintería en madera	Suministro e instalación guarda luz lisa en canelo o cedro	ML	20.375	30.069.483
Carpintería metálica	Realizar cortes en tubería de 2" a 8"	UN	81.250	3.245.937
	Desmantelamiento de estructura metálica	KG	118.750	950.000
Obras para mantenimiento vial y protección de superficie	Suministro y aplicación de pintura reflectiva sobre vía	M ²	87.500	351.750

Fuente: los Autores

En una vista más detallada, sin lugar a dudas, la actividad de pintura en vinilo ocupa el primer lugar de las actividades de mantenimiento representando el 20% del total del presupuesto ejecutado en obra durante la vigencia 2009, seguido del suministro e instalación de pisos en cerámica, demolición de enchape, aplicación de concretos y morteros, cambio de cielo raso en fibra mineral, cambio de guarda luz e instalación de accesorios pvc.

Figura 9. Distribución porcentual del costo de mantenimiento por actividad para el año 2009.



Fuente: los Autores

Una vez tabulada toda la información de costos de mantenimiento de las instalaciones, se identificaron las actividades de mayor incidencia en el presupuesto y las áreas que demandan mayores inversiones en obras de mantenimiento. Esto permite por una parte, diseñar la estrategia más adecuada de mantenimiento, y por la otra, tener el insumo de costos para un análisis financiero.

El análisis de costos está intrínsecamente relacionado con la información del diagnóstico de instalaciones señalado en el capítulo 4 del presente documento, lo cual permite identificar cuáles son los elementos de mayor falla con sus

respectivas actividades correctivas, que se asocian a un mayor costo en los gastos de mantenimiento de instalaciones.

Cabe señalar que en la figura 9 se destacan algunas de las actividades con mayor incidencia en costos equivalentes al 42% del presupuesto anual. El restante 58% pertenecen a un grupo de actividades de minucia cuyos valores unitarios no son representativos frente al valor total del presupuesto, pero que sumados, representan una suma importante.

El modelo de mantenimiento preventivo planteado tendrá énfasis en aquellas actividades reiterativas de mayor incidencia en costos. No obstante el modelo presentado formula una solución integral que permite minimizar costos en todas las actividades de mantenimiento. El ahorro obtenido con la implementación del modelo, será la base para estimar un beneficio tangible en términos económicos, el cual será asumido como un ingreso para efectos del análisis financiero como se verá más adelante.

5.2 RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA EL MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES

El diagnóstico de las instalaciones será la base para la presentación de la estrategia de mantenimiento y formulación del modelo de mantenimiento preventivo. En la tabla 29, se presentan las recomendaciones técnicas por tipo de macro actividades para considerar en el planteamiento del modelo.

Tabla 30. Recomendaciones técnicas para el mantenimiento de instalaciones El Centro

Macro actividad	Recomendaciones
Demoliciones y desmantelamiento	Demolición y desmantelamiento de todas las instalaciones que por sus condiciones físicas y estabilidad representan un riesgo a la seguridad de las personas.

	<p>Se debe hacer una estimación juiciosa de las cantidades de elementos que deben ser demolidos para considerarlos en el presupuesto y plantear formas de pago del ítem en términos de volumen para disminuir costos.</p>
Excavaciones, rellenos y estructuras	<p>El uso del concreto está asociado a las estructuras más afectadas que según el diagnóstico son los pisos y andenes. La propuesta es eliminar una de las causas de falla que son el crecimiento de las raíces de los árboles, talando aquellos árboles que definitivamente son un problema y cambiarlos por especies de raíces más amigables con las estructuras.</p> <p>En cuanto a los morteros es adecuado hacer inspecciones periódicas que permitan identificar fallas que posibiliten el daño de las estructuras, pisos y ante pisos, aplicando aditivos para impermeabilizar y reparar fisuras y dejando las juntas de construcción necesarias.</p>
Mampostería enchapes y pisos	<p>Con respecto a los muros, se recomienda su confinamiento a través de columnas y vigas de amarre.</p> <p>También se recomienda el cambio del 100% de los acabados de piso por baldosa cerámica de tráfico 4 o superior o granito pulido.</p> <p>Se hace necesario el cambio de los enchapes de piso pared en baños y cocina al igual que los mesones de cocina.</p> <p>El mantenimiento preventivo consiste en inspeccionar periódicamente, recuperar la brecha como máximo cada 5 años.</p>
Pintura e impermeabilización	<p>Se recomienda hacer una recuperación general de acabados de muros y hacer mantenimiento preventivo como mínimo 1 vez por año en zonas administrativas y 1 vez cada 2 años en zonas residenciales.</p>
Cubiertas y cielorrasos	<p>Se recomienda el cambio total de cubiertas por teja de fibro cemento o teja termo acústica, revisar la estructura de la cubierta y reponer las vigas de madera en mal estado.</p> <p>En cuanto al mantenimiento preventivo es importante definir un plan para el barrido y limpieza de cubiertas y el cambio preventivo de tejas rotas ó el mantenimiento periódico del manto impermeabilizante. El mantenimiento del manto incluye la pintura reflectiva cada 2 años y el cambio total cada 5 años, ó según especificaciones del fabricante</p>
Instalaciones hidro – sanitarias	<p>Se recomienda el cambio total de los aparatos sanitarios en las edificaciones de tipo residencial, por aparatos ahorradores de agua. Al igual se recomienda el cambio de lavamanos y accesorios.</p> <p>Con respecto a las redes hidráulicas y sanitarias, se recomienda cambiar</p>

	<p>los ductos de acero por tubería PVC-P y PVC-S respectivamente.</p> <p>En cuanto al mantenimiento del sistema, con una periodicidad mínima de 2 veces por año, se recomienda la limpieza de las cajas de inspección debido al gran volumen de masa vegetal y raíces presentes en el subsuelo.</p>
Vidrios y ventanería	<p>En cuanto a ventanería la recomendación es el cambio total de las ventanas y marcos de madera por material de aluminio.</p> <p>También se recomienda el mantenimiento de las divisiones de los baños en todas las viviendas y el cambio periódico del material de acrílico una vez cada 5 años.</p>
Mantenimiento de muebles	<p>Se recomienda suprimir el mantenimiento de muebles en edificaciones residenciales y sólo restringirlo a edificaciones administrativas. Esta alternativa propone que la empresa otorgue la vivienda sin mobiliario y los residentes de las viviendas se encarguen de la dotación, exceptuando los closets y los muebles de cocina. Para estos últimos se sugiere estandarizar los acabados y el tipo de material, por ejemplo para closets se recomienda el uso de puertas de madera con interior en vitrialambre. Para los muebles de cocina se recomienda el uso de acrílico y aluminio.</p> <p>El mantenimiento de las sillas y mobiliario de oficina se debe realizar periódicamente y hacer su reposición según recomendación del fabricante.</p>
Cerrajería	<p>Se sugiere la instalación de controles de apertura remotos en puertas principales de oficinas y mantenimiento según fabricante.</p>
Carpintería en madera	<p>Cambiar el mayor número posible de piezas de madera por materiales como el aluminio.</p>
Carpintería metálica	<p>Cambio de toda la red de gas y agua por materiales de PVC.</p>
Obras para mantenimiento vial y protección de superficie	<p>Mantenimiento periódico de cunetas y obras de arte.</p>

Fuente: los Autores

6. MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE INSTALACIONES

6.1 MARCO CONCEPTUAL DEL MODELO

La gestión de mantenimiento de instalaciones requiere un plan de gestión a través del cual se establezcan los parámetros para desarrollar la estrategia de mantenimiento durante toda la vida útil de una edificación, desde que esta se planea y concibe con el diseño, hasta su enajenación, restitución ó demolición.

El plan de gestión de mantenimiento comprende varias etapas que aseguran la buena gestión del activo⁷. Para ello, en cada etapa existen una serie de actividades que deben tenerse en cuenta para la aplicación del modelo de mantenimiento que se propone (Ver tabla 31).

El modelo propuesto se fundamenta en la teoría de costos de mantenimiento impulsada por Sitter⁸, en la cual se diferencian cuatro etapas o fases del ciclo de vida del activo. En cada fase se recomienda la implementación de medidas tendientes a minimizar los costos del mantenimiento correctivo.

⁷ Total Assest Management Manual (TAM).

⁸ SITTER, W.R. Costs for Service Life Optimization.

Tabla 31. Etapas a considerar en el Modelo de Gestión de Mantenimiento

Etapa vida útil	Fase según Sitter	Características y Descripción
Proyecto: Adquisición / Diseño / Construcción	Planeación	<ul style="list-style-type: none"> + Explorar nuevas tecnologías para facilitar el mantenimiento. + Mantener actualizado el inventario real de los activos. + Desarrollar políticas y estrategias para implementar y estandarizar herramientas de gestión de activos. + Toda medida tomada a nivel de diseño con el objetivo de aumentar la protección y durabilidad del activo.
	Ejecución	<ul style="list-style-type: none"> + Adecuado uso de activos construidos. + Mantenibilidad y sostenibilidad. + Desarrollar y aplicar mejores prácticas para maximizar el retorno de la inversión en un ciclo de vida del inmueble de menor costo. + Evitar tomar medidas fuera del proyecto durante esta fase.
Operación y mantenimiento	Mantenimiento preventivo	<ul style="list-style-type: none"> + Garantizar facilidades requeridas para garantizar la confiabilidad y disponibilidad a un mínimo costo. + Adoptar buenas prácticas que incorporen métodos y tecnologías avanzados de operación y mantenimiento. + Monitorear periódicamente las condiciones de desempeño de las instalaciones. + Aplicación plan de mantenimiento preventivo.
Sustitución / Adaptación	Mantenimiento correctivo	<ul style="list-style-type: none"> + Corresponde a los trabajos de diagnóstico, pronóstico, reparación, refuerzo y protección de las estructuras que perdieron su vida útil del proyecto y presentan manifestaciones patológicas. + Implementación de estrategias de mantenimiento. + Implementación Proyecto de sustitución con modelo de gestión de activos.
Enajenación	Demolición / Restitución	<ul style="list-style-type: none"> + Adecuada disposición final de los activos. + Adecuado manejo de residuos: reciclaje. + Plan de renovación o restitución.

Fuente: los Autores

6.2 GESTIÓN DE ACTIVOS

La Gestión de un activo es gestionar su ciclo de vida, por lo tanto es importante preservar el activo en las mejores condiciones físicas y de desempeño a lo largo de toda la vida útil. Las medidas de preservación de un activo tales como el mantenimiento correctivo – reactivo y el mantenimiento preventivo – predictivo, se implementan en las etapas del ciclo de vida del activo correspondientes a la operación y mantenimiento hasta la sustitución y adaptación (Ver figura 10)

Figura 10. Ciclo de Vida del Activo.



Fuente: ISO/DIS 15686-5 “Building and Constructed assets Service Planning Maintenance and Life cycle costing.

6.3 DESARROLLO SOSTENIBLE DEL MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

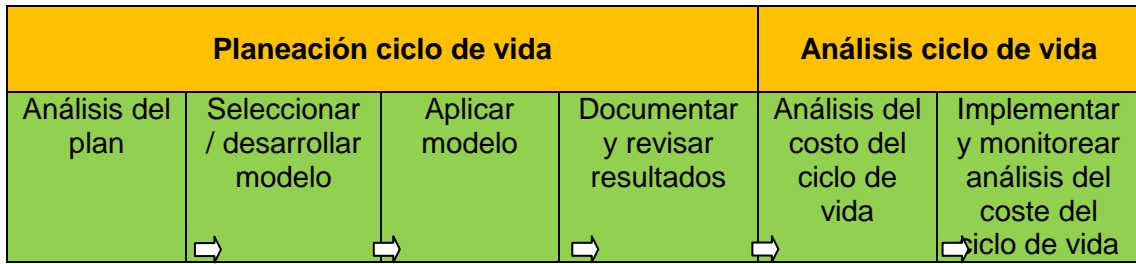
Para que el modelo pueda ser sostenible en el tiempo, se requiere la incorporación de buenas prácticas en la gestión de los activos físicos del campo de Producción El Centro. Las tareas identificadas para hacer

sostenible el modelo de mantenimiento preventivo se describen a continuación:

- Identificar todas las actividades que potencialmente pueden impactar en el desempeño de una instalación física relacionando funcionalidad y operación según el tipo de uso de la edificación. Para el caso en estudio, se identifican tres tipos de uso, uno institucional como es el caso de las oficinas y casino, el otro uso es de tipo residencial como los son las casas y los campamentos y un uso hospitalario para el caso del Hospital del Centro.
- Identificar las actividades rutinarias y no rutinarias de mantenimiento.
- Identificar los impactos y beneficios producto mantenimiento y operación de la edificación. El costo de los impactos ambientales podría ser considerado también. En ese orden de ideas la sostenibilidad se vería reflejada satisfaciendo las necesidades de la empresa sin comprometer reservas futuras mediante la reducción, el reciclado y utilizando recursos renovables, soluciones creativas y amigables con el medio ambiente.
- Priorizar activos y/o riesgos asociados al uso y desempeño de la edificación.
- Desarrollar estrategias para el mantenimiento de las edificaciones.
- Proceso del coste del ciclo de vida del activo CCV⁹: Dicho proceso involucra las etapas identificadas en la figura 11:

⁹ Coste del Ciclo de Vida del activo

Figura 11. Proceso de Coste del Ciclo de Vida del Activo.



Fuente: Government Asset Management Committee (GAMC) Level 25.

- Emplear criterios de sostenibilidad enumerados así:
 - ✓ Energía y emisiones de gases.
 - ✓ Uso racional de agua.
 - ✓ Adaptación de edificios según el cambio climático.
 - ✓ Prevenir construcciones contra riesgo de inundaciones.
 - ✓ Sistemas de drenaje con capacidad suficiente para evacuar.
 - ✓ Transporte, ecología y biodiversidad.
 - ✓ Polución, salud y bienestar.
 - ✓ Manejo de residuos.
 - ✓ Impacto del coste de vida CCV de los materiales y equipos.
 - ✓ Entornos locales comunitarios.

6.4 PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO E IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO

Durante el proceso de diagnóstico y selección de la mejor estrategia para aplicar el modelo de mantenimiento preventivo en las instalaciones del campo El Centro, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Se definieron y segmentaron los activos para encontrar la estrategia de prestación del servicio.

- Se determinaron los requerimientos de desempeño del activo, según el tipo uso, la mantenibilidad y sostenibilidad.
- Se definieron y mantuvieron recursos reutilizables empleando estrategias globales en sistemas constructivos adecuados para la región.
- Se determinaron los costos de mantenimiento del activo.
- Se identificó la necesidad de implementar y mantener planes y programas de mantenimiento.
- Se requiere monitorear y hacer seguimiento al plan de mantenimiento.

6.5 EL COSTO DEL CICLO DE VIDA EN EL MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El Costo del Ciclo de Vida comprende los costes totales (recurrentes y no recurrentes) que se incluyen en el diseño, proyecto, construcción, mantenimiento y operación y por último demolición a lo largo del ciclo de vida del activo.

Minimizar el Costo del Ciclo de Vida a través del mantenimiento preventivo hace que el balance de la gestión sea óptimo, especialmente cuando dichos costos son inferiores a toda inversión en infraestructura de edificaciones recientemente construidas o renovadas. No es el mismo caso para edificaciones de más de 10 años de uso en cuyo caso los costos de mantenimiento correctivo pueden ser inferiores a los de sustituir el inmueble siempre y cuando la edificación se someta a un plan preventivo.

Existen otros escenarios en donde los costos de corregir son superiores a los de construir una obra nueva, en cuyo caso se recomienda la demolición y sustitución del bien. La tabla 32 resume cada uno de los escenarios que son tenidos en cuenta en el modelo presentado para mantenimiento preventivo de las edificaciones del campo El Centro.

Tabla 32. Escenarios existentes en el modelo de mantenimiento preventivo

Edad de la edificación o la renovación	Comparativo en costos	Recomendación
Nuevas o renovadas	$\$MC > \MP	Aplicar plan Preventivo
Menos de 10 años	$\$MC < \$Construir$	Aplicar plan Correctivo
10 a 30 años	$\$MC = \$Construir$	Plan de Renovación
Mayor a 30 años	$\$MC \gg \$Construir$	Demolición o Restitución

Fuente: los Autores

El análisis del Costo del Ciclo de Vida es una herramienta de análisis económico que permite la comparación de varias alternativas mediante el examen de los costes totales en términos de VPN¹⁰ de un edificio que se diseña, construye, opera, se mantiene y demuele a lo largo del ciclo de vida. Este análisis es aplicable a cada uno de los escenarios mencionados para determinar la mejor alternativa de mantenimiento de las instalaciones administrativas y residenciales del campo El Centro de ECOPETROL S.A.

La fórmula que describe el Costo de Ciclo de Vida (CCV) es la siguiente:

$$\text{CCV} = (\text{CC-DF}) + \text{MD} + (\text{COM+CR}) - \text{VR} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

CCV es el Costo del Ciclo de Vida

¹⁰ Valor presente neto VPN.

CC son los Costos de Capital

COM son los Costos de Operación y Mantenimiento

CR son los Costos de Reposición

DF es la Depreciación Fiscal

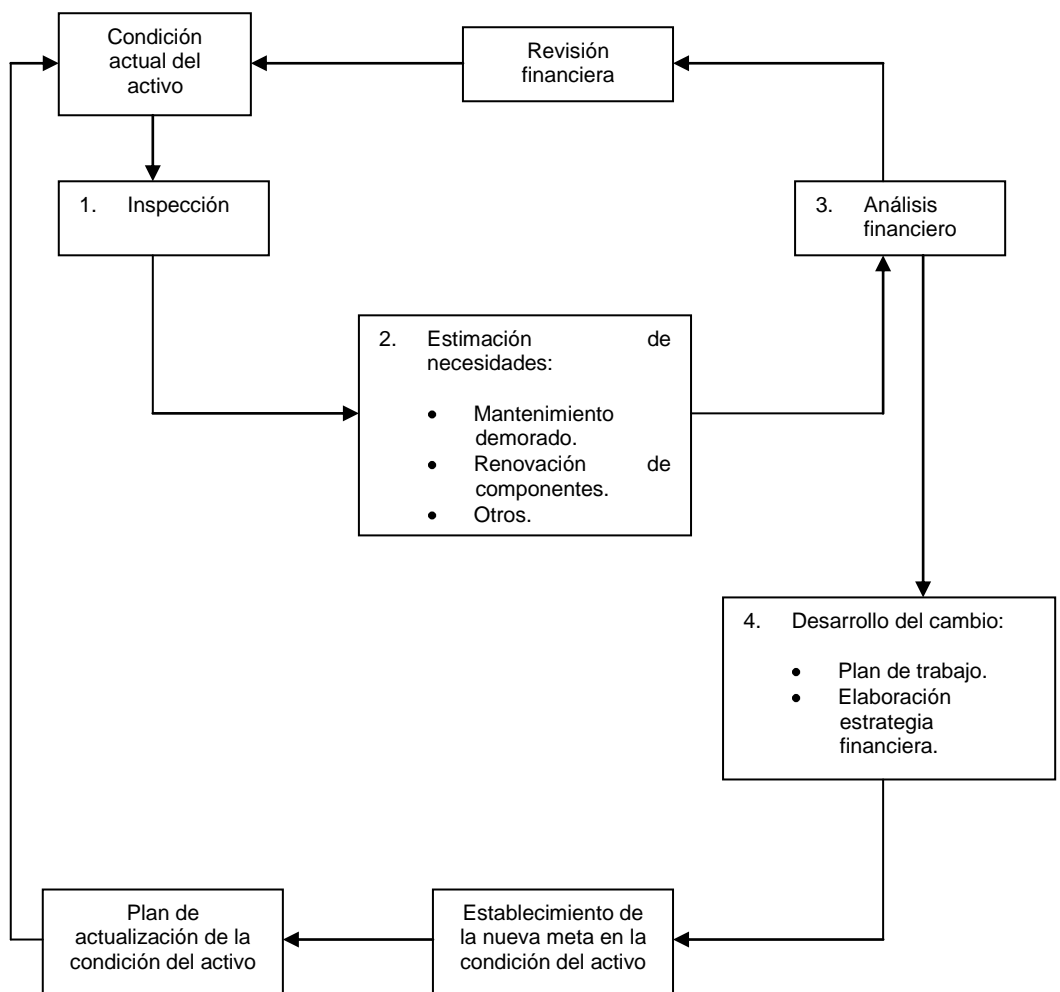
MD es el mantenimiento Demorado

VR es el Valor Residual

El modelo del costo del ciclo de vida¹¹, es una herramienta para obtener la información necesaria para la puesta en funcionamiento del modelo gerencial de mantenimiento preventivo de las edificaciones del campo El Centro. La aplicación de este modelo (CCV) hizo parte del estudio en las etapas de diagnóstico y planteamiento de la estrategia de mantenimiento (ver figura 12).

¹¹ Jim Sawers "Life Cycle Asset Management".

Figura 12. Modelo del Coste del Ciclo de Vida del Activo.

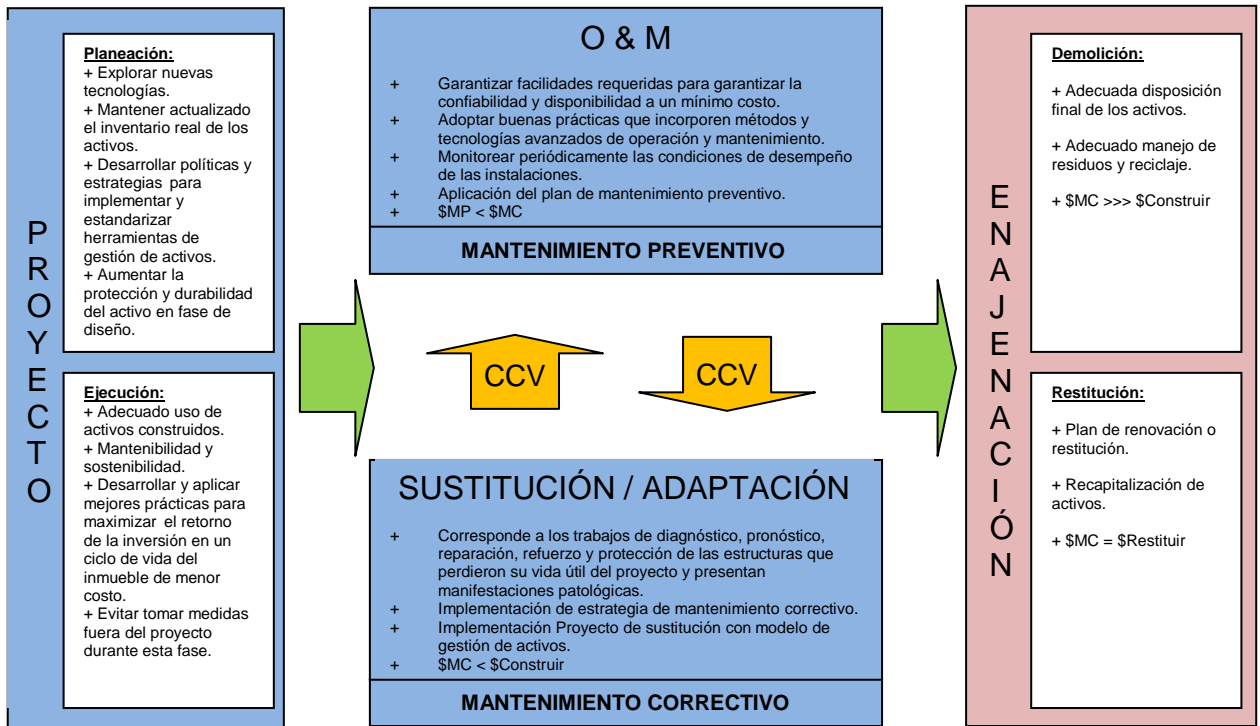


Fuente: Jim Sawers "Life Cycle Asset Management"

6.6 MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Con base en el modelo del coste del ciclo de vida y la aplicación de los conceptos básicos de la gestión de activos y la teoría de Sitter, enunciados en los anteriores numerales, se propone el modelo gerencial para el mantenimiento preventivo de las instalaciones administrativas y residenciales del campo El Centro, el cual se explica gráficamente a través de la figura 13 y la estrategia de mantenimiento preventivo presentada en la figura 14.

Figura 13. Modelo Gerencial de Mantenimiento Preventivo Campo El Centro.



Fuente: los autores

6.7 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La estrategia de mantenimiento preventivo debe incorporar el desarrollo de un sistema de gestión documental orientado al Costo del Ciclo de Vida en el que se disponga de un manual de O & M¹² del edificio.

Desarrollar el plan de mantenimiento preventivo optimiza la gestión del activo, incrementando la vida de servicio con una operación eficiente, que deja como resultado una ganancia de vida en términos de mantenimiento (ahorro).

Se debe monitorear y hacer seguimiento al modelo de mantenimiento preventivo, a través del mantenimiento predictivo o las inspecciones periódicas de todos los elementos que conforma una instalación. Para ello se requiere administrar la información de la hoja de vida de las edificaciones por medio de un software y atender las recomendaciones de la ficha técnica de los elementos que conforman las instalaciones del campo El Centro.

En la figura 14, se aprecia la aplicación del modelo en el cual intervienen los tres tipos de mantenimiento que son aplicables a las edificaciones del campo de producción El Centro. La figura representa en orden secuencial la estrategia para la construcción, el mantenimiento y posterior demolición de las instalaciones.

En primera fase tenemos un mantenimiento al cual se le denomina de “restitución”. Este consiste en la ejecución de obras de construcción sostenibles en donde se usa parte de la edificación tales como los cimientos, la estructura, la fachada y en algunos casos los muros y la cubierta dependiendo de la complejidad de la intervención. El objetivo de dichas obras

¹² Operación y Mantenimiento O & M.

de construcción es la renovación o adecuación del inmueble en el cual intervendría el área funcional de la empresa llamada la Unidad Inmobiliaria a través del Programa de Infraestructura. En esta etapa se calcula que los costos del mantenimiento correctivo (MC) son inferiores a los de una construcción nueva que la sustituya.

Posteriormente se tiene la etapa de mantenimiento preventivo llevado a cabo por la Unidad de Servicios Administrativos a través de los contratos de mantenimiento. Dicho mantenimiento consiste en la aplicación sistemática de las recomendaciones técnicas de los fabricantes de cada uno de los elementos que componen la edificación en los periodos para los cuales se estima dure el funcionamiento de dichos componentes o partes. Otro sistema preventivo consiste en la aplicación de buenas prácticas como la sustitución de elementos de falla reiterativa como el caso de los marcos de ventanas y puertas en madera por elementos en aluminio de mayor durabilidad, más livianos y fácil instalación. En esta etapa los costos del mantenimiento correctivo son mayores a los costos del mantenimiento preventivo ($\$ MC > \$ MP$) y es esta la razón principal por la cual se sustenta la implementación del modelo.

Por último, tenemos la sustitución y o demolición del activo que no es otra cosa que dar de baja la edificación y en caso de ser necesaria, reemplazarla por otra mediante la construcción de una nueva. En esta etapa intervendría nuevamente el programa de infraestructura quien se encargaría de gestionar el proyecto para la edificación de nuevas instalaciones con su dotación y equipos correspondientes.

Figura 14. Estrategia de mantenimiento preventivo.

EDIFICACIÓN	MANTENIMIENTO CORRECTIVO Llevado a cabo por el programa de infraestructura a través de intervenciones mayores (\$ MC < \$ Construir)	MANTENIMIENTO PREVENTIVO Llevado a cabo por la Unidad de Servicios Administrativos a través de los contratos de mantenimiento. (\$ MC > \$ MP)	SUSTITUCIÓN Y/O DEMOLICIÓN Llevado a cabo por el programa de infraestructura a través de proyectos de construcción. (\$ MC >>> \$ Construir)
Casas madera barrio 25 de agosto y campamento 575			Sustituir y demoler
Barrios de funcionarios de Ecopetrol (25 de Agosto y El Prado)		Plan de mantenimiento preventivo	
Barrios no ocupados (Pueblo Nuevo y Pueblo Regao)			Sustituir y demoler
Campamentos 2105 y 2405		Plan de mantenimiento preventivo	
Campamentos 2454, 2555, 2556 y 2557			
Bloques de oficinas generales			
Bloque Jurídica y Yacimientos		Plan de mantenimiento preventivo	
Casino directivo			Sustituir y demoler
Hospital y Odontología		Plan de mantenimiento preventivo	

COSTO DEL CICLO DE VIDA - CCV

7. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL MODELO

Para la evaluación financiera se tendrán en cuenta las inversiones; el análisis de los egresos e ingresos; las depreciaciones y amortizaciones; el estado de resultados y balance; y por supuesto, el flujo de caja con y sin proyecto para cada escenario existente en el modelo de mantenimiento planteado.

El proyecto se evaluará a 2 años de operación después de las inversiones. En el año 3 se proyecta realizar una liquidación parcial para determinar si se continúa o no con el proyecto.

Se debe tener en cuenta que en el presente estudio las proyecciones se realizan en términos constantes para facilitar los procesos de cálculo. No obstante para la puesta en práctica del modelo, se incluyó en los costos de los materiales, equipo y la mano de obra, una inflación supuesta en términos de los índices de precios (IPC¹³, total ingresos gastos varios a nivel nacional, en el año inmediatamente anterior).

7.1 INVERSIONES

Inversión en activos fijos. Son todas aquellas inversiones necesarias para las obras de mantenimiento preventivo de instalaciones. Su valor es de \$9.800.000.000. Ver tabla 33.

Terrenos: No se tendrán en cuenta las inversiones en terrenos debido a que el proyecto se desarrollará en predios de ECOPETROL.

¹³ IPC, Índice de Precios al Consumidor (DANE) que para el año 2009 es del 3.00% para la ciudad de Bucaramanga.

Construcción de obras civiles. En la tabla 33 se detallan las obras civiles y otras inversiones necesarias para realizar la adecuación y restitución de edificaciones residenciales y administrativas. El valor presupuestado es de \$9.800.000.000 para invertir durante las vigencias 2011 y 2012. El costo incluye el valor de los muebles y equipamiento de las instalaciones.

Tabla 33. Obras civiles

Obras civiles	Valor M ² (miles de pesos)	Cantidad en M ²	Total Costos (miles de pesos)
Construcción y/o adecuación infraestructura física áreas administrativas.	\$ 1.800	1000	\$ 1.800.000
Construcción y/o adecuación infraestructura física áreas residenciales y campamentos.	\$ 600	5000	\$ 3,000,000
Construcción y/o adecuación infraestructura física áreas casino y hospital.	\$ 2,500	2000	\$ 5,000,000
TOTAL			\$ 9,800,000

Fuente: Autores del Proyecto

Inversión Diferida. Está conformada por la inversión que se requiere para la realización de los estudios previos, gastos de organización, licencias de construcción y permisos ambientales de las edificaciones administrativas y residenciales del campo El Centro. Se estima en \$70.000.000. Su valor se amortizará en dos años.

Tabla 34. Inversión Diferida

Descripción inversión	Valor (miles de pesos)
Estudio preliminares	10,000
Diseño de Infraestructura Física	40,000
Gastos de Organización	15,000
Permiso y licencias	5,000
VALOR TOTAL (\$)	70,000

Fuente: Autores del Proyecto

Total Inversión Inicial. Corresponde a la totalidad de inversiones que se requieren para la puesta en marcha del proyecto de infraestructura y posterior montaje del modelo de mantenimiento preventivo, contemplando inversiones en activos fijos y diferidos por un monto de \$ 9.870.000.000.

Tabla 35. Inversión total (miles de pesos)

Gastos Preoperativos (diferidos)	\$ 70,000
Total activos fijos acumulados	\$ 9,800,000
TOTAL INVERSIÓN	\$ 9,870,000

Fuente: Autores del Proyecto

7.2 COSTOS Y GASTOS OPERACIONALES

Los costos de operación y gastos operacionales contemplan: los costos directos e indirectos y gastos indirectos.

7.2.1 Costos Directos

- Materiales y equipos. Se estima que los costos de los materiales, herramienta y equipo para las obras de mantenimiento preventivo en El Centro, corresponden al 60% del costo total directo del mantenimiento.
- Los costos de mano de obra equivalen a un 40% del costo total directo de las obras de mantenimiento.

7.2.2 Costos Indirectos

Los costos indirectos están asociados a los recursos para ejercer labores de auditoría, supervisión y control, vigilancia física, apoyo en HSE, gestión

administrativa de contratos y toda aquella mano de obra calificada que se encuentra enmarcada dentro de la tabla salarial de actividades no propias de la industria petrolera¹⁴.

Tabla 36. Apoyo operacional calificado

Ítem	Servicios contratados	Unidad	Cantidad	Valor Hora Hombre	Valor parcial
1	Servicio de Auditor, Gestor HSE, Gestor técnico y Administrativo (Consultoría contratada)	Horas Hombre	2160	\$ 30,000	\$ 64,800,000
				TOTAL	\$ 64,800,000

Fuente: Autores del proyecto

7.2.3 Gastos Indirectos

Se contempla los siguientes aspectos:

- **Administración:** contempla los gastos administrativos tales como gastos de legalización de los contratos, impuestos, pólizas y seguros, servicios públicos, auxiliar administrativo y contable, recursos para la gestión de HSE, dotaciones del personal, gastos de oficina, mano de obra directiva, transporte y alimentación de los trabajadores directos de la obra. Los gastos indirectos por concepto de aspectos administrativos equivalen al 16% de los costos directos de la obra de mantenimiento.
- **Utilidad e imprevistos:** Son gastos indirectos que cubren la utilidad esperada del contratista y los imprevistos que puedan surgir durante la ejecución de las obras de mantenimiento preventivo. Estos gastos equivalen al 11% de los costos directos.

¹⁴ Directriz salarial interna de ECOPETROL S.A.

Tabla 37. Costos y gastos operacionales

Costos y gastos operacionales	Año 1 (miles de pesos)	Año 2 (miles de pesos)
Total costos y gastos operacionales	\$ 293,380	\$ 302,181
Costos directos	\$ 205,496	\$ 211,661
Materiales, herramienta y equipo	\$ 123,298	\$ 126,997
Mano de Obra	\$ 82,198	\$ 84,664
Costos indirectos	\$ 32,400	\$ 33,372
Mano de obra indirecta	\$ 32,400	\$ 33,372
Otros Gastos Indirectos	\$ 55,484	\$ 57,148
Administración, imprevistos y utilidad del contratista AIU	\$ 55,484	\$ 57,148

Fuente: Autores del proyecto

7.3 DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN

El periodo de depreciación de las inversiones fijas que para este caso son las edificaciones, es de 20 años, periodo durante el cual se depreciará de manera lineal¹⁵. El valor total a invertir en activos asciende a la suma de \$9.870.000.000, los cuales se invertirán de forma diferida en los primeros años del proyecto, siendo la suma de \$2.500.000.000 la inversión del año cero y el saldo restante distribuido equitativamente en los siguientes tres años.

Tabla 38. Depreciación y amortización

Depreciación y amortización	Año 1	Año 2
Depreciación / Amortización	\$ 493,500,000	\$ 493,500,000

Fuente: Autores del proyecto

7.4 FLUJOS DEL PROYECTO

Se refiere a los ingresos por arrendamiento y los ingresos no operacionales.

¹⁵ En términos financieros se conoce como el método de la línea recta.

7.4.1 Ingresos

Canon de arrendamiento. Este ingreso se obtiene como resultado del cobro del arriendo de edificaciones como casas y campamentos, cuyo valor promedio por unidad es de \$ 65.000 mensuales. Para un total de 106 unidades entre casas y campamentos da como resultado un ingreso anual de \$ 82.680.000.

7.4.2 Ingresos no operacionales

Ahorros en costos de operación. Este ingreso se deduce del ahorro obtenido por los menores costos en mantenimiento con la aplicación del mantenimiento preventivo en edificaciones¹⁶, después de realizadas las inversiones en infraestructura requeridas para la sustitución y renovación de algunos activos del campo El Centro. La tabla 39 muestra un comparativo de la situación actual y la situación con proyecto para identificar de una manera clara, el valor del ahorro obtenido:

Tabla 39. Ahorro en costos de operación

	Costos de mantenimiento primer año	Costos de mantenimiento segundo año
Situación sin proyecto	\$ 1,304,899,908	\$ 1,344,046,905
Situación con proyecto	\$ 260,979,982	\$ 268,809,381
Ahorro = Ingresos	\$ 1,043,919,926	\$ 1,075,237,524

Fuente: Autores del proyecto

7.4.3 Estado de resultados

Dentro de los costos capitalizables por adiciones, mejoras y reparaciones de propiedades, planta y equipo que consideran la importancia del costo del ciclo de vida del activo (CCV), se encuentran las inversiones mencionadas en el numeral

¹⁶ Modelo de costos de mantenimiento según Sitter.

7.1, las cuales no se tendrán en cuenta dentro de los gastos en el análisis de pérdidas y ganancias de la tabla 40.

Los costos y gastos de operación se refieren a aquellos costos de mantenimiento que no impactan el valor del activo, tales como, pintura, cerrajería, cambio de vidrios, etc. Aplicando la teoría de Sitter dentro del modelo de mantenimiento propuesto, dichos costos operacionales se disminuirían cinco veces con respecto a los costos en los que actualmente se incurre.

Para el análisis del estado de resultados, los gastos financieros no tienen incidencia dado que estos hacen parte del presupuesto de gastos generales de la empresa.

Tabla 40. Estado de resultados

Periodo	Año 1	Año 2
Ingresos	\$ 82,680,000	\$ 85,160,400
Costos y gastos de operación	\$ 293,379,982	\$ 302,181,381
Depreciación	\$ 493,500,000	\$ 493,500,000
Otros ingresos no operacionales	\$ 1,043,919,926	\$ 1,075,237,524
Resultado operacional (UAll)	\$ 339,719,945	\$ 364,716,543
Gastos financieros	\$ -	\$ -
Resultado antes de impuestos (UAI)	\$ 339,719,945	\$ 364,716,543
Impuesto a la renta (33%)	\$ 112,107,582	\$ 120,356,459
Resultado (Utilidad Neta)	\$ 227,612,363	\$ 244,360,084

Fuente: Autores del proyecto

7.4.4 Fuentes y Usos

Tabla 41. Fuentes y Usos del Proyecto

Periodo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
FUENTES	\$ 2,500,000,000	\$ 4,953,219,945	\$ 4,038,216,543	\$ 0
Utilidad operacional (UAI)		\$ 339,719,945	\$ 364,716,543	\$ 0
Depreciación y amortización		\$ 493,500,000	\$ 493,500,000	\$ 0
Capital Social	\$ 2,500,000,000	\$ 4,120,000,000	\$ 3,180,000,000	\$ 0
USOS	\$ 2,500,000,000	\$ 1,712,107,582	\$ 1,720,356,459	-\$ 8,813,000,000
Inversiones en activos no corrientes	\$ 2,500,000,000	\$ 1,600,000,000	\$ 1,600,000,000	-\$ 8,813,000,000
Impuesto a la renta (33%)		\$ 112,107,582	\$ 120,356,459	
EXCESO / DEFICIT	\$ 0	\$ 3,241,112,363	\$ 2,317,860,084	\$ 8,813,000,000

Fuente: Autores del proyecto

7.4.5 Flujo del Proyecto

En las tablas 42 y 43 se analizan los flujos de caja de la situación actual y de la situación con proyecto. Para el ejercicio se estima un costo de oportunidad del mercado (i), a una tasa de 17,24% EA¹⁷. Los costos operacionales de la situación sin proyecto son iguales a los costos de mantenimiento del año 2009 y proyectado al siguiente año con una tasa de inflación igual al IPC 2009 para la zona de Bucaramanga.

¹⁷ Tasa de interés efectiva anual.

Tabla 42. Flujo de Caja de la situación actual (Sin Proyecto)

Periodo	Año 0	Año 1	Año 2
Ingresos		\$ 82,680,000	\$ 85,160,400
-Costos y gastos de operación		\$ 1,304,899,908	\$ 1,344,046,905
-Depreciaciones / Amortizaciones		\$ 0	\$ 0
+Otros ingresos no operacionales		\$ 0	\$ 0
-Otros Gastos no operacionales		\$ 0	\$ 0
= UAI		-\$ 1,222,219,908	-\$ 1,258,886,505
-Intereses		\$ 0	\$ 0
= UAI		-\$ 1,222,219,908	-\$ 1,258,886,505
-Impuesto a la renta (33%)		\$ 0	\$ 0
= Utilidad Neta		-\$ 1,222,219,908	-\$ 1,258,886,505
+Depreciaciones / Amortizaciones		\$ 0	\$ 0
-Inversiones activos no corrientes		\$ 0	\$ 0
=Flujo de caja neto (Con financiación)		-\$ 1,222,219,908	-\$ 1,258,886,505
VALOR PRESENTE NETO	i = 17,24%		-\$ 1,958,366,323
-Prestamos		\$ 0	\$ 0
+Abonos a capital		\$ 0	\$ 0
+Intereses		\$ 0	\$ 0
-Impacto tributario		\$ 0	\$ 0
=Flujo de caja neto (Sin financiación)		\$ 0	\$ 0
VALOR PRESENTE NETO	i = 17,24%		-\$ 1,958,366,323

Fuente: Autores del proyecto

De la tabla 42 podemos ver una situación con un VPN negativo. El VPN negativo es un reflejo de los mayores costos de mantenimiento que la empresa ha tenido que incurrir a lo largo de la vida útil de las edificaciones del campo El Centro. Esta condición hace que el costo del ciclo no sea el más óptimo y que la mayoría de activos se hayan depreciado hasta el punto de que haya que demolerlos y sustituirlos por edificaciones nuevas.

Por el contrario, otro es el panorama de la situación actual con el proyecto. A pesar que el valor de las inversiones no corrientes es muy alto, mediante el

mantenimiento preventivo se logran generar ahorros que se traducen en ingresos para la compañía. Esto quiere decir que la inversión en los programas de infraestructura que adelanta la empresa, debe ir acompañada de un modelo de mantenimiento preventivo que permita minimizar los costos de mantenimiento y maximizar la vida útil del activo que se interviene.

En la tabla 43 se observa un flujo de caja con un VPN positivo del orden de los \$1.591.976.865 y una TIR del 34%, que hace completamente viable el proyecto desde el punto de vista financiero para continuar con el desarrollo del Proyecto. Cabe señalar que el Proyecto no tuvo en cuenta la financiación con terceros dado que este no se puede catalogar dentro del portafolio de inversión de ECOPETROL; por el contrario, los costos de dicho Proyecto hacen parte del presupuesto de gastos.

Tabla 43. Flujo de Caja de la situación Con Proyecto

Periodo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos		\$ 82,680,000	\$ 85,160,400	
-Costos y gastos de operación		\$ 293,379,982	\$ 302,181,381	
-Depreciaciones / Amortizaciones		\$ 493,500,000	\$ 493,500,000	
+Otros ingresos no operacionales		\$ 1,043,919,926	\$ 1,075,237,524	
-Otros Gastos no operacionales		\$ 0	\$ 0	
= UAI		\$ 339,719,945	\$ 364,716,543	\$ 0
-Intereses		\$ 0	\$ 0	
= UAI		\$ 339,719,945	\$ 364,716,543	\$ 0
-Impuesto a la renta (33%)		\$ 112,107,582	\$ 120,356,459	
= Utilidad Neta		\$ 227,612,363	\$ 244,360,084	\$ 0
+Depreciaciones / Amortizaciones		\$ 493,500,000	\$ 493,500,000	
-Inversiones activos no corrientes	\$ 2,500,000,000	\$ 1,600,000,000	\$ 1,600,000,000	-\$ 8,813,000,000
-Prestamos				
+Abonos a capital				
=Flujo de caja neto (Con financiación)	-\$ 2,500,000,000	-\$ 878,887,637	-\$ 862,139,916	-\$ 8,813,000,000
VALOR PRESENTE NETO	i = 17,24%	\$ 1,591,976,865		
TIR DEL PROYECTO	34%			

Fuente: Autores del proyecto

7.5 EVALUACIÓN DEL PROYECTO

En la tabla 43 se puede apreciar los cálculos de la evaluación financiera del proyecto de lo cual se concluye:

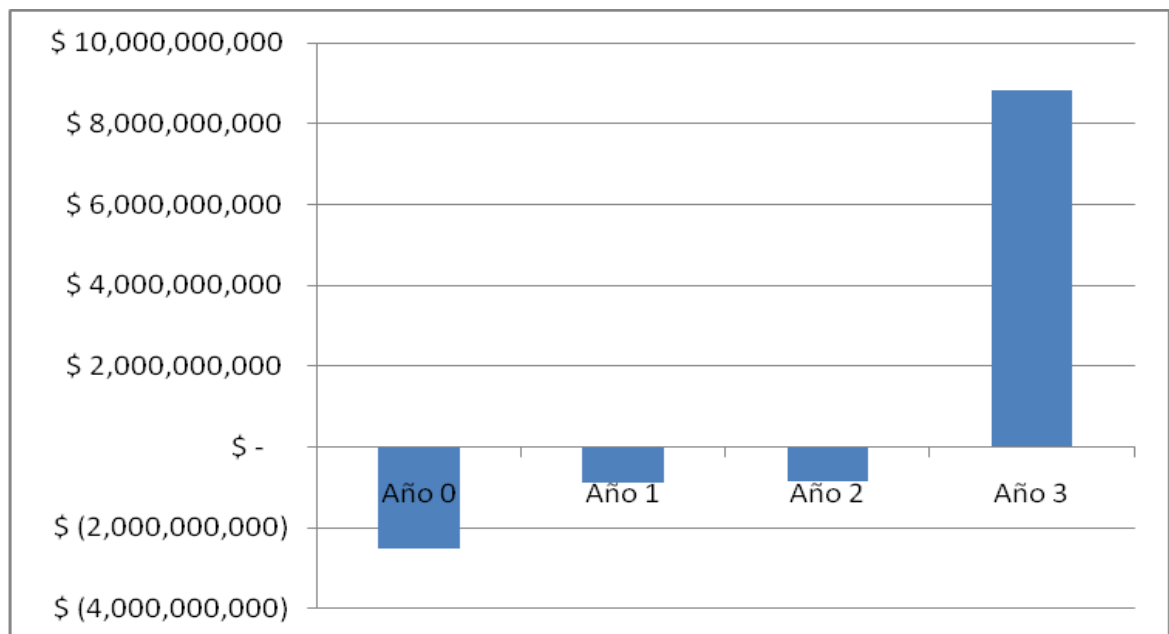
7.5.1 Flujo de Caja. Este estado muestra el flujo del inversionista en el proyecto estimado a partir de ingresos y egresos, necesarios para la puesta en marcha del modelo de mantenimiento preventivo a través de la estrategia de mantenimiento (Ver figura 14). El costo de oportunidad se estima en 17,24 % EA.

7.5.2 Valor Presente Neto (VPN). Para efectos del presente proyecto se estimó la tasa de oportunidad del mercado equivalente al 17,24% EA, la cual resulta rentable para el proyecto y atractiva para los inversionistas. El valor Presente Neto calculado es de \$1.591.976.865.

7.5.3 Tasa Interna de Retorno TIR. Es aquella que sirve para determinar la rentabilidad del proyecto, identificando la tasa de interés con que el inversionista podrá recuperar lo que invirtió y de esta manera saber si es viable el proyecto o si es mejor invertir su dinero en otro negocio que le represente menor riesgo a un interés más atractivo.

Para el presente proyecto se calculó una TIR equivalente a 34%. Se aprecia que es buena ya que la rentabilidad resultante está por encima de la tasa de oportunidad en el mercado equivalente al 17,24%, por lo tanto se recomienda aceptar el proyecto.

Figura 15. Flujo de caja de la situación actual Con Proyecto



Fuente: Autores del proyecto

7.5.4 Relación Costo - Beneficio. Es aquella que sirve para determinar un indicador de factibilidad del proyecto. Si el cociente de la relación Costo / Beneficio es inferior a uno (1), se dice que el Proyecto es factible. Por el contrario, si la relación arroja un resultado superior uno (1), se debe descartar el Proyecto.

Para el caso de estudio se tiene que el Costo del Proyecto, equivale al valor presente de los costos y gastos operacionales y el Beneficio del Proyecto al valor presente del flujo de Utilidad Operacional (UAll). La tabla 44 muestra los flujos de caja de los costos y los beneficios para los dos primeros años del proyecto.

Este indicador se puede expresar en fórmula mediante la siguiente ecuación lógica:

Si:

$$0 < \text{VPN de Costos operacionales} / \text{VPN de UAll} < 1, \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Entonces el Proyecto Si es Factible.

Si:

$$\text{VPN de Costos operacionales} / \text{VPN de UAll} > 1, \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Entonces el Proyecto No es Factible.

Tabla 44. Cálculo del VPN para Costo y Beneficio

Concepto	Año 1	Año 2	VPN
Costos operacionales	\$ 293,379,982	\$ 302,181,381	\$ 470,083,552
Utilidad operacional (UAll)	\$ 339,719,945	\$ 364,716,543	\$ 555,105,222

Bajo el escenario Con Proyecto, se obtiene una relación Costo – Beneficio igual a 0,85 e inferior a 1, con lo cual se permite deducir que el Proyecto es Factible.

8. MARCO LEGAL DEL PROYECTO

8.1 NORMATIVIDAD URBANÍSTICA

De acuerdo al decreto 1469 de 2010 por el cual se reglamentan las disposiciones relativas a las licencias urbanísticas; al reconocimiento de edificaciones; a la función pública que desempeñan los curadores urbanos y se expiden otras disposiciones.

Artículo 7°. *Licencia de construcción y sus modalidades.* Es la autorización previa para desarrollar edificaciones, áreas de circulación y zonas comunales en uno o varios predios, de conformidad con lo previsto en el Plan de Ordenamiento Territorial, los instrumentos que lo desarrollen y complementen, los Planes Especiales de Manejo y Protección de Bienes de Interés Cultural, y demás normatividad que regule la materia. En las licencias de construcción se concretarán de manera específica los usos, edificabilidad, volumetría, accesibilidad y demás aspectos técnicos aprobados para la respectiva edificación

Modalidades de la licencia de construcción las siguientes:

Obra nueva. Es la autorización para adelantar obras de edificación en terrenos no construidos o cuya área esté libre por autorización de demolición total.

Ampliación. Es la autorización para incrementar el área construida de una edificación existente, entendiéndose por área construida la parte edificada que corresponde a la suma de las superficies de los pisos, excluyendo azoteas y áreas sin cubrir o techar.

Adecuación. Es la autorización para cambiar el uso de una edificación o parte de ella, garantizando la permanencia total o parcial del inmueble original.

Modificación. Es la autorización para variar el diseño arquitectónico o estructural de una edificación existente, sin incrementar su área construida.

Restauración. Es la autorización para adelantar las obras tendientes a recuperar y adaptar un inmueble o parte de éste, con el fin de conservar y revelar sus valores estéticos, históricos y simbólicos. Se fundamenta en el respeto por su integridad y autenticidad. Esta modalidad de licencia incluirá las liberaciones o demoliciones parciales de agregados de los bienes de interés cultural aprobadas por parte de la autoridad competente en los anteproyectos que autoricen su intervención.

Reforzamiento Estructural. Es la autorización para intervenir o reforzar la estructura de uno o varios inmuebles, con el objeto de acondicionarlos a niveles adecuados de seguridad sismo resistente de acuerdo con los requisitos de la Ley 400 de 1997, sus decretos reglamentarios, o las normas que los adicionen, modifiquen o sustituyan y el Reglamento colombiano de construcción sismo resistente y la norma que lo adicione, modifique o sustituya. Esta modalidad de licencia se podrá otorgar sin perjuicio del posterior cumplimiento de las normas urbanísticas vigentes, actos de legalización y/o el reconocimiento de edificaciones construidas sin licencia, siempre y cuando en este último caso la edificación se haya concluido como mínimo cinco (5) años antes de la solicitud de reforzamiento y no se encuentre en ninguna de las situaciones previstas en el artículo 65 del presente decreto. Cuando se tramite sin incluir ninguna otra modalidad de licencia, su expedición no implicará aprobación de usos ni autorización para ejecutar obras diferentes a las del reforzamiento estructural.

Demolición. Es la autorización para derribar total o parcialmente una o varias edificaciones existentes en uno o varios predios y deberá concederse de manera simultánea con cualquiera otra modalidad de licencia de construcción.

No se requerirá esta modalidad de licencia cuando se trate de programas o proyectos de renovación urbana, del cumplimiento de orden judicial o administrativa, o de la ejecución de obras de infraestructura vial o de servicios públicos domiciliarios que se encuentren contemplados en el Plan de Ordenamiento Territorial o en los instrumentos que lo desarrollen y complementen.

Reconstrucción. Es la autorización que se otorga para volver a construir edificaciones que contaban con licencia o con acto de reconocimiento y que fueron afectadas por la ocurrencia de algún siniestro. Esta modalidad de licencia se limitará a autorizar la reconstrucción de la edificación en las mismas condiciones aprobadas por la licencia original, los actos de reconocimientos y sus modificaciones.

Cerramiento. Es la autorización para encerrar de manera permanente un predio de propiedad privada.

La solicitud de licencia de construcción podrá incluir la petición para adelantar obras en una o varias de las modalidades descritas en este artículo.

Los proyectos de construcción que se desarrollen por etapas podrán solicitar licencia de construcción en la modalidad de obra nueva, siempre y cuando se someta al régimen de propiedad horizontal establecido por la Ley 675 de 2001 o la norma que la modifique, adicione o sustituya. Para este caso, en el plano general del proyecto se identificará el área objeto de aprobación para la respectiva etapa, así como el área que queda destinada para futuro desarrollo, y la definición de la ubicación y cuadro de áreas para cada una de las etapas. En la licencia de construcción de la última etapa se aprobará un plano general que establecerá el cuadro de áreas definitivo de todo el proyecto.

La reglamentación urbanística con la que se apruebe el plano general del proyecto y de la primera etapa servirá de fundamento para la expedición de las

licencias de construcción de las demás etapas, aun cuando las normas urbanísticas hayan cambiado y, siempre que la licencia de construcción para la nueva etapa se solicite como mínimo treinta (30) días calendario antes del vencimiento de la licencia de la etapa anterior.

La licencia de construcción en la modalidad de obra nueva también podrá contemplar la autorización para construir edificaciones de carácter temporal destinadas exclusivamente a salas de ventas, las cuales deberán ser construidas dentro del paramento de construcción y no se computarán dentro de los índices de ocupación y/o construcción adoptados en el Plan de Ordenamiento Territorial o los instrumentos que lo desarrollen y complementen.

En los casos en que simultáneamente se aprueben licencias de urbanización y de construcción, la sala de ventas se podrá ubicar temporalmente en las zonas destinadas para cesión pública. No obstante, para poder entregar materialmente estas zonas a los municipios y distritos, será necesario adecuar y/o dotar la zona de cesión en los términos aprobados en la respectiva licencia de urbanización.

Los titulares de licencias de parcelación y urbanización tendrán derecho a que se les expida la correspondiente licencia de construcción con base en las normas urbanísticas y reglamentaciones que sirvieron de base para la expedición de la licencia de parcelación o urbanización, siempre y cuando se presente alguna de las siguientes condiciones:

- a) Que la solicitud de licencia de construcción se radique en legal y debida forma durante la vigencia de la licencia de parcelación o urbanización, o;
- b) Que el titular de la licencia haya ejecutado la totalidad de las obras contempladas en la misma y entregado y dotado las cesiones correspondientes.

Estado de ruina. Sin perjuicio de las normas de policía y de las especiales que regulen los inmuebles y sectores declarados como bienes de interés cultural,

cuando una edificación o parte de ella se encuentre en estado ruinoso y atente contra la seguridad de la comunidad, el alcalde o por conducto de sus agentes, de oficio o a petición de parte, declarará el estado de ruina de la edificación y ordenará su demolición parcial o total. El acto administrativo que declare el estado de ruina hará las veces de licencia de demolición. El estado de ruina se declarará cuando la edificación presente un agotamiento generalizado de sus elementos estructurales, previo peritaje técnico sobre la vulnerabilidad estructural de la construcción, firmado por un ingeniero acreditado de conformidad con los requisitos de Ley 400 de 1997, sus decretos reglamentarios, o las normas que los adicionen, modifiquen o sustituyan y el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente y la norma que lo adicione, modifique o sustituya quien se hará responsable del dictamen. Tratándose de la demolición de un bien de interés cultural también deberá contar con la autorización de la autoridad que lo haya declarado como tal.

De conformidad con lo previsto en el artículo 106 de la Ley 388 de 1997 o la norma que lo adicione, modifique o sustituya, cuando la declaratoria del estado de ruina obligue la demolición parcial o total de una construcción o edificio declarado como bien de interés cultural, se ordenará la reconstrucción inmediata de lo demolido, según su diseño original y con sujeción a las normas de conservación y restauración que sean aplicables, previa autorización del proyecto de intervención por parte de la autoridad que hizo la declaratoria.

Reparaciones locativas. Se entiende por reparaciones o mejoras locativas aquellas obras que tienen como finalidad mantener el inmueble en las debidas condiciones de higiene y ornato sin afectar su estructura portante, su distribución interior, sus características funcionales, formales y/o volumétricas. No requerirán licencia de construcción las reparaciones o mejoras locativas a que hace referencia el artículo 8° de la Ley 810 de 2003 o la norma que lo adicione, modifique o sustituya.

Están incluidas dentro de las reparaciones locativas, entre otras, las siguientes obras: el mantenimiento, la sustitución, restitución o mejoramiento de los materiales de pisos, cielorrasos, enchapes, pintura en general, y la sustitución, mejoramiento o ampliación de redes de instalaciones hidráulicas, sanitarias, eléctricas, telefónicas o de gas. Sin perjuicio de lo anterior, quien ejecuta la obra se hace responsable de:

- i. Cumplir con los reglamentos establecidos para la propiedad horizontal y las normas que regulan los servicios públicos domiciliarios.
- ii. Prevenir daños que se puedan ocasionar a terceros y en caso de que se presenten, responder de conformidad con las normas civiles que regulan la materia.
- iii. Cumplir con los procedimientos previos, requisitos y normas aplicables a los inmuebles de conservación histórica, arquitectónica o bienes de interés cultural.

El modelo de mantenimiento preventivo se enmarca dentro de las disposiciones legales señaladas en el presente capítulo en lo concerniente a permisos y licencias de construcción, cumplimiento de norma Sismo resistente NSR-10¹⁸ y la norma eléctrica RETIE¹⁹.

8.2 NORMATIVIDAD AMBIENTAL

La normativa legal ambiental aplicable al proyecto, se enmarca en lo establecido en las siguientes disposiciones legales:

- El Decreto 2811 de 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

¹⁸ Norma Sismo Resistente 2010.

¹⁹ Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.

- La resolución 1433 del 2004. Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones.
- El Decreto 3100 de 2003. Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales.
- El Decreto 901 de 1997. Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de éstas
- La Resolución 0372 de 1998. Por la cual se actualizan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos y se dictan disposiciones
- El Decreto 1892 de 1999. Por el cual se determinan proyectos u obras que requieren de Licencia Ambiental, y se decreta:

Artículo 1º. Requerirá Licencia Ambiental el desarrollo de loteo, parcelación, división, subdivisión de predios, construcción de condominios o conjuntos habitacionales, oficinas y centros comerciales, en áreas urbanas, cuando en el municipio no exista un plan de ordenamiento territorial aprobado por la autoridad ambiental competente y se presente una o más de las siguientes situaciones:

1. No se cuente con la prestación de los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, manejo y disposición de aguas residuales y residuos sólidos.
2. El proyecto se pretenda adelantar en áreas expuestas a amenazas o riesgos naturales.
3. Los proyectos de construcción de condominios y conjuntos habitacionales que superen:

- * 1.000 soluciones de vivienda en los municipios o distritos con más de 1.000.000 de habitantes.
- * 500 soluciones de vivienda en los municipios o distritos con más de 100.000 y menos de 1.000.000 de habitantes.
- * 100 soluciones de vivienda en municipios o distritos con más de 30.000 y menos de 100.000 habitantes.
- * 30 soluciones de vivienda en los municipios o distritos con menos de 30.000 habitantes.

Artículo 2º. Requerirá Licencia Ambiental el desarrollo de los proyectos, obras o actividades que se enuncian a continuación, en áreas rurales o suburbanas, cuando el municipio no cuente con un plan de ordenamiento territorial aprobado por la autoridad ambiental competente:

1. Parcelación, loteo o división de predios con fines de desarrollo de proyectos de construcción menor de 1.5 hectáreas.
2. Construcción de condominios, conjuntos habitacionales, oficinas y centros comerciales que superen 1.000 m² de construcción por hectárea.

Artículo 3º. La Licencia Ambiental de que trata el presente decreto será otorgada por las Corporaciones Autónomas Regionales o por los municipios, distritos o áreas metropolitanas cuya población urbana fuere igual o superior a un millón de habitantes (1.000.000), en su respectiva jurisdicción o perímetro urbano, según el caso.

8.3 LIMITACIONES DEL PROYECTO

Como todo proyecto de inversión, la implementación del modelo de mantenimiento preventivo en las instalaciones del campo El Centro, se ve enfrentada a limitaciones de tipo técnico, legal, social y financiero.

Las restricciones de tipo técnico son aquellas que por su naturaleza técnica y operativa, interfieren con la ejecución del plan de mantenimiento preventivo. En esta categoría se encuentran entre otras, las condiciones físicas de las edificaciones desde su parte estructural que cumple con la norma Sismo Resistente, hasta las redes internas de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias, pasando por los acabados internos y externos de cada edificación. Otro tipo de restricción tiene que ver con la actual y deteriorada red de suministro de agua potable y la falta de alcantarillado, la obsolescencia de los sistemas de distribución eléctrica en general el estado actual de la planta física. Todas estas condiciones hacen que se eleve el valor de las inversiones para la adecuación, renovación y sustitución de los activos, que en algunos casos como las edificaciones en madera y las casas de los barrios Pueblo Nuevo, Pueblo Regao, Alfonso López y La Campana, obliguen a la empresa a tomar la decisión de dar de baja estos activos, pues su recuperación hace inviable el Proyecto.

En cuanto a las limitaciones de tipo legal, tenemos principalmente que las instalaciones del campo El Centro no cuentan con los sistemas adecuados de tratamiento de aguas residuales y por ende, con los respectivos permisos de vertimiento. En cuanto a las licencias de construcción, el corregimiento El Centro no cuenta con un ordenamiento territorial adecuado y por ello encontramos usos de tipo residencial afectados por pozos de perforación y barrios cercanos a zonas de uso industrial, con los riesgos que representan para la seguridad de los residentes, el paso de ductos que transportan hidrocarburos.

La problemática social es otro aspecto que se debe considerar. La zona es afectada por grupos armados al margen de la ley que inciden en los índices de violencia, homicidio y hurto. La pobreza y el desempleo que es producto de un insostenible crecimiento de la población atraída por las oportunidades de empleo que genera la industria petrolera y la falta de gobierno municipal, son condiciones reinantes en la zona. No existen políticas estatales para la

formación de la mano de obra calificada y no existe una infraestructura de servicios públicos que atiendan de manera eficiente a la población. Todas estas condiciones son activantes para la generación de alarmas de carácter social que terminan convirtiéndose en paros y cierre de vías, afectando de manera directa la producción del campo.

Desde la vista financiera, la principal limitación es la falta de recursos para las inversiones que se requieren. Si bien el modelo de mantenimiento preventivo plantea una solución al problema de la inadecuada planeación de los trabajos y por consiguiente a los altos costos, para que esta solución pueda ser efectiva, se requieren de muchas mejoras de los activos físicos que involucran altos costos de inversión que la empresa debe asumir y que de manera indirecta afectan los costos de sostenimiento del campo.

CONCLUSIONES

1. Se realizó el diagnóstico general del estado actual de las edificaciones administrativas y residenciales del campo El Centro. Se encontraron edificaciones adecuadas recientemente y presentan condiciones óptimas para su operación; existen otras en estado de obsolescencia y deterioro que requieren de adecuación y/o sustitución. En resumen, se requiere de una intervención de tipo estructural y arquitectónico para lograr que la mayoría de las instalaciones cumpla con la norma sismo resistente y se mejoren sus condiciones físicas antes de aplicar cualquier mantenimiento preventivo.
2. Se identificaron las principales causas de fallas en las edificaciones del campo y se determinaron las actividades de mantenimiento que son reiterativas. Se aplicó un análisis de causas de falla por grupo de edificaciones y por elementos, a partir del cual, se elaboró un estrategia basada en el mantenimiento preventivo y la adecuación física de edificaciones.
3. Se realizó la evaluación financiera del Proyecto optimizando los recursos invertidos, mediante la elaboración del flujo de caja de la situación Con y Sin Proyecto. De esta evaluación se determinó un retorno de la inversión superior a la tasa de oportunidad, con lo que se puede concluir que el Proyecto es aceptado por el inversionista.
4. Se establecieron las limitaciones del Proyecto con base en las proyecciones para el campo de producción, son minimizadas en la medida en que la sostenibilidad económica del campo se mantenga y las variables macroeconómicas tales como, el crecimiento, la inflación, la tasa

5. representativa del mercado y el costos del barril de petróleo, permitan un margen de rentabilidad para el campo de producción El Centro. La proyección de producción de hidrocarburos esperada en la región mediante la puesta en marcha de proyectos de reactivación de pozos y explotación de nuevos, permite vislumbrar a un mediano plazo, un crecimiento que demanda una significativa inversión en el mantenimiento de los activos fijos. Es por ello que a través del modelo gerencial de mantenimiento preventivo, se planifica la estrategia para recuperación de los activos a un menor costo o disminución de los costos del ciclo de vida.
6. Se determinaron las restricciones a nivel legal y ambiental para el desarrollo del Proyecto; para lo cual se identificó el marco legal aplicable y las disposiciones legales para los permisos requeridos como lo son el permiso de uso y aprovechamiento del agua y el permiso para vertimientos en cuerpos de agua. Se identificó la necesidad de gestionar dichos permisos ante la autoridad competente y gestionar un plan de acción.
7. Se identificaron las fuentes de ahorro generadoras de beneficio y fueron cuantificadas económicamente. Para cumplir este objetivo se calcularon los menores costos con la puesta en marcha del modelo de mantenimiento preventivo. Su valor se cuantificó en la suma de \$ 1.672.675.771 que equivale al valor presente neto del flujo de los ingresos no operacionales.
8. Se realizó la evaluación Costo – Beneficio con la aplicación de Proyecto, mediante el cálculo del indicador que mide proporcionalmente el cociente entre el Costo y el Beneficio del Proyecto. La relación Costo – Beneficio obtenida fue inferior a uno, con lo cual se permite deducir que el Proyecto es Factible.

9. Se evaluó el Proyecto para un periodo de 2 años teniendo en cuenta las inversiones, los costos operacionales y las depreciaciones. Después de haber realizado un chequeo en el tercer año de iniciado el proyecto, se recomienda continuar al modelo gerencial de mantenimiento preventivo. Se observa que la TIR obtenida de la situación actual con Proyecto, es buena debido a que la rentabilidad resultante está por encima de la tasa de oportunidad en el mercado, por lo tanto se recomienda aceptar el proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arencibia Fernández, Juan M. Borroto Abreu, Roniel: En su tesis de Posgrado, Propuesta para la generalización del Programa para el Mantenimiento Constructivo de las Edificaciones de la Universidad de las Ciencias Informáticas.
2. Babé Ruano, Manuel: Mantenimiento y Reconstrucción de Edificios. Ministerio de Educación Superior, Ciudad de La Habana, Cuba, 1986.
3. Bustamante Alzate, Guillermo. Pautas para la iniciación y planificación de proyectos. 2008.
4. Casanovas I Boixereu, Xavier: El mantenimiento de edificios. Revista montajes e instalaciones. Marzo. 1996.
5. García Ahumada, Francisco. Memorias XII Congreso Internacional de Mantenimiento. Bogotá. 2010.
6. García S. Oscar León. Administración financiera. Editorial Prensa Editores. Cali 1999.
7. Helene Do Lago, Pablo R: *Manual para la Reparación, Refuerzo y Protección de las Estructuras de Concreto*, IMCYC. México 1997.
8. Loria González, Roberto: ¿Qué alarga la vida útil de una edificación?. Revista Construcción. No. 81. Cámara Costarricense de la Construcción. <http://www.construccion.co.cr/revista/081/42.tecnologia.htm>.

9. Miranda Miranda, Juan José. Gestión de Proyectos. Bogotá. 2005.
10. Ruiz, Gerardo: Conservación y rehabilitación. Políticas, vías y acciones. IV Conferencia Internacional de la Vivienda y el Urbanismo, Ciudad de La Habana, Cuba, 1998.
11. Sitter, W.R. Costs for Service Life Optimization. The "Law of Fives". In: CEB-RILEM Durability of Concrete Structures. Proceedings of the International Workshop held in Copenhagen, 18-20 May 1983. Copenhagen, CEB, 1984. (Workshop Reported by Steen Rostam).
12. Tejera Garófalo, Pedro: Introducción a las Patología de los Edificios. Apuntes para libro en proceso editorial. 2003.

WEBGRAFÍA

<http://www.banrep.gov.co/>

<http://www.cibse.org/pdfs/Life%20Cycle%20Asset%20Management.pdf>. SAWERS, Jim. Life Cycle Assest Management

<http://www.dane.gov.co/>

<http://www.ecopetrol.com.co/>

<http://es.wikipedia.org/wiki/>

<http://www.gamc.nsw.gov.au/tam>. Total Assest Management Manual (TAM)