



UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO
VICERRECTORADO ACADEMICO
DIRECCIÓN GENERAL DE LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO
AREA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y GESTIÓN
POSTGRADO EN GERENCIA DE PROYECTOS

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO
REEMPLAZO DE GRÚA PUENTE DE 75 TON DE LA ESTACIÓN DE TRITURACIÓN
PRIMARIA, EN LA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE MINERAL DE HIERRO DE
CVG FERROMINERA ORINOCO, EN PUERTO ORDAZ**

Presentado por

Vilar Sereno, José Gregorio
Para optar al título de
Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor
LaTorre, Alvaro

Puerto Ordaz, 20 de Agosto de 2005



DEDICATORIA

A la memoria de mi Padre.



Índice

	página
Lista de Figuras	iii
Lista de Tablas	v
Resumen	vi
Introducción	vii
CAPITULO 1 – PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
Planteamiento del Problema	1
Justificación del estudio	3
Objetivos de la investigación	3
Alcance y delimitación	4
Limitaciones	4
CAPITULO 2 – MARCO CONCEPTUAL	
Antecedentes de la investigación	4
Bases teóricas	4
El acero	4
Criterio de selección de polipastos	9
CAPITULO 3 – MARCO ORGANIZACIONAL	
Orígenes de CVG FERROMINERA ORINOCO	11
Ubicación	12
Actividades	12
Minería	13



Operaciones ferroviarias	15
Planta de Procesamiento de Mineral de Hierro	15
Planta de Pellas	17
Estación de Transferencia.....	18
Visión, Misión.....	20
Políticas	20
Estructura Organizativa de CVG Ferrominera Orinoco, C.A.	22
Estructura Organizativa Planta de Procesamiento de Mineral de Hierro	23
CAPITULO 4 – MARCO METODOLÓGICO	
Tipo de Investigación	24
Metodología.....	24
Evaluación Técnica	24
Población y Muestra	26
Técnicas de recolección de datos.....	26
Diseño de la Investigación	27
Resultados	27
Evaluación Económica	31
CAPITULO 5 – RESULTADOS DEL PROYECTO	
Revisión de los Objetivos	35
Cronogramas de Ejecución	36
CAPITULO 6 – EVALUACIÓN DEL PROYECTO	37
CAPITULO 7 – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
Bibliografía	38

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Fig. 1 - Perspectiva de la Planta de Procesamiento de Mineral de Hierro	2
Fig. 2 - Estación de Trituración Primaria	7
Fig. 3 - Clasificación de las cargas respecto a la ubicación	8
Fig. 4 - Clasificación de las cargas respecto al momento de aplicación	8
Fig. 5 - Ubicación Geográfica.....	12
Fig. 6 - Cerro Bolívar	12
Fig. 7 - Muelle Puerto Ordaz	12
Fig. 9 - Proceso de Voladura	13
Fig. 10 - Pala eléctrica	14
Fig. 11 - Camión de Acarreo	14
Fig. 12 - Locomotora	15
Fig. 13 - Vía Férrea	15
Fig. 14 - Esquema de Operaciones Planta de procesamiento de Mineral de Hierro	16
Fig. 15 - Estación de Cernido Natural	16
Fig. 16 - Muelle de carga Puerto Ordaz	17
Fig. 17 - Esquema de Operaciones Planta de Pellas	18
Fig. 18 - Vista de Planta de Pellas	19
Fig. 19 - Estación de Transferencia	19
Fig. 20 - Cerro Bolívar	21
Fig. 21 - Organigrama de CVG Ferrominera Orinoco, C.A.	22



LISTA DE FIGURAS - CONTINUACIÓN

	Pag.
Fig. 22 - Organigrama de la Planta de Procesamiento de Mineral de Hierro.....	23
Fig. 23 - Flujo grama de la Investigación	24
Fig. 24 - Diseño del Estudio	27
Fig. 25 - Aparato de Ultrasonido	28



LISTA DE TABLAS

No. 1 - Lista de equipos de la Estación de Trituración Primaria	1
No. 2 - Clasificación de los aceros	5
No. 3 - Equipo actual vs. Equipo propuesto	26
No. 4 - Tabla comparativa equipo existente vs. estándar actual	29
No. 5 - Costos de repotenciar	31
No. 6 - Ofertas referenciales	31
No. 7 - Precio de las opciones	32
No. 8 - Tiempos de Instalación	32
No. 9 - Flujos monetarios opción repotenciar	34
No. 10 - Flujos monetarios opción nuevo equipo	34
No. 11 - Cronograma de ejecución opción repotenciar	36
No. 12 - Cronograma de ejecución opción nuevo equipo	36



Resumen

El presente trabajo presenta los resultados del estudio de factibilidad orientado al reemplazo del Puente Grúa de 75 Ton que presta servicio en la estación de Trituración Primaria de la Planta de Procesamiento de Mineral de Hierro, de CVG Ferrominera Orinoco ubicada en Puerto Ordaz Estado Bolívar.

El estudio se desarrolla en tres fases: 1) La fase de diagnóstico, realizada sobre la base de una investigación documental de los registros históricos del equipo existente y una investigación de campo a objeto de determinar la condición operativa actual del mismo. b) La fase de elaboración de la propuesta, referida a la definición de la alternativa de solución más conveniente a los intereses de la empresa y c) fase correspondiente a la evaluación de las diferentes alternativas de solución disponibles y la determinación de la opción técnico-económica más conveniente.

El objetivo del trabajo es aportar elementos de análisis para llevar adelante proyectos de inversión orientados al reemplazo parcial o total de equipos de producción.



INTRODUCCIÓN

C.V.G Ferrominera Orinoco C.A, es una empresa autónoma del Estado Venezolano cuyo negocio es la extracción, procesamiento y venta de mineral de hierro cumpliendo con los requisitos acordados con los clientes en un ambiente de mejoramiento continuo del Sistema de gestión de la Calidad, para abastecer en calidad y oportunidad a la industria siderúrgica nacional e internacional.

Las Producción de la empresa se desarrolla en tres frentes de trabajo:

- Gerencia de Minería
- Gerencia de Ferrocarril.
- Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro.

Gerencia de Minería

Responsable de la administración, mantenimiento, planificación y explotación de los yacimientos de mineral de hierro.

Gerencia de Ferrocarril

Administración, mantenimiento, planificación y operación del sistema ferroviario de transporte del mineral de hierro desde sus fuentes de extracción en la Mina hasta la Planta de Procesamiento de Mineral de Hierro, ubicada en el punto de confluencia de los ríos Orinoco y Caroní, en Puerto Ordaz.

Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro

Responsable de la administración, mantenimiento, planificación y operación de los equipos instalados en la Planta de Procesamiento de Mineral de Hierro, con los cuales se obtiene:

- La transformación física (granulometría) del mineral procedente de la Mina
- Las mezclas que conforman los diversos productos
- Los niveles de calidad exigidos por los clientes.
- La capacidad de despachar los productos a clientes Nacionales e Internacionales.

La Unidad de estudio está ubicada en la Planta de procesamiento de Mineral de Hierro, específicamente en la Estación de Trituración Primaria; conglomerado de equipos donde tiene lugar la primera de las tres etapas progresivas de trituración del mineral de hierro.

En la Estación de Trituración Primaria esta instalada una Grúa Puente que tiene cuarenta y cinco (45) años de servicio y que es imprescindible para el mantenimiento de los equipos de producción allí instalados.

**UBICACIÓN DE LA UNIDAD DE ESTUDIO
ESTACIÓN DE TRITURACIÓN PRIMARIA**

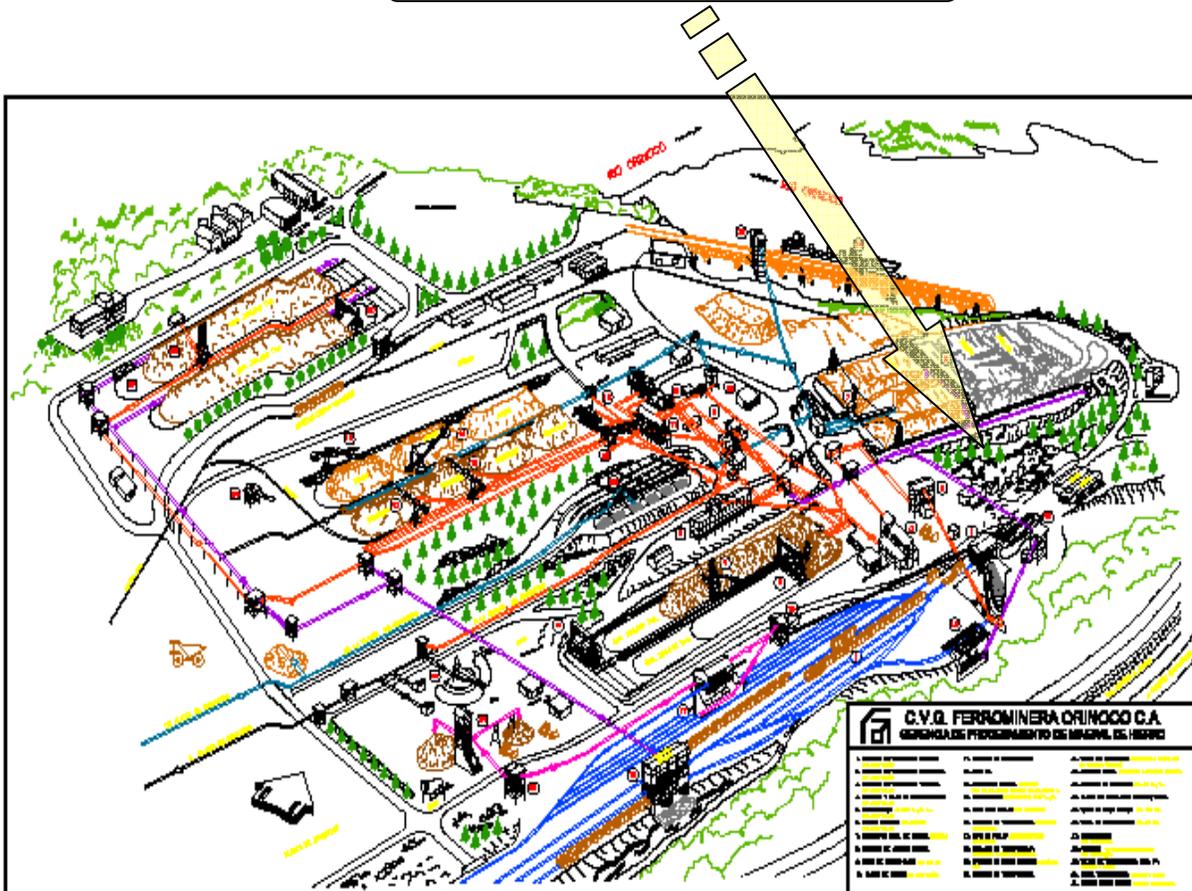


Figura No. 1 – Perspectiva de la Planta de Procesamiento de Mineral de Hierro

Esta investigación se presenta con el objetivo de determinar como el deterioro y la obsolescencia de las partes principales de la grúa puente, afectan la continuidad operativa de este equipo y por consiguiente la mantenibilidad y disponibilidad de los equipos de producción a los que presta servicio.

Este estudio fue realizado aplicando un diseño de investigación de tipo documental y de campo, en la cual el logro de sus objetivos implicó la revisión de los planos de diseño, manuales y libros técnicos, mediciones en campo, entrevistas, así como también, la verificación de toda la información en el área de trabajo. La observación diaria y las entrevistas informales permitieron la recopilación de datos para su posterior análisis.

1 El Problema

1.1 Planteamiento del Problema.

La Grúa Puente instalada en la Estación de Trituración Primaria de la Gerencia de la Planta de Procesamiento de Mineral de Hierro (PMH) es un equipo crítico para el mantenimiento de los equipos de producción allí instalados (ver figura No 2), los cuales se listan a continuación:

Tabla No. 1

IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS	FUNCIÓN DEL EQUIPO
El Empujador de Vagones - FD-8000	Posicionar el vagón cargado de mineral dentro del volteador de vagones.
El Volteador de Vagones - VV-8000	Vaciar el contenido de los vagones.
El Embudo Primario - FE-8000	Separación granulométrica del mineral. Punto de corte 8".
El Triturador Primario - PA-8000	Reducir la granulometría del mineral a $\leq 8''$.
El Alimentador Primario - FD-8000	Vaciar el embudo primario.
Cinta transportadora - JD-8001	Acelerar la transferencia de mineral hacia la siguiente cinta.
Cinta transportadora (sección de cola) - JD-8002	Transportar el mineral de la Estación de Trituración Primaria a la Estación de Trituración Secundaria.

La Grúa fue adquirida en 1958 por la entonces **Orinoco Mining Company**; a la empresa **Pacific Coast Engineering** empresa que salio del mercado hace unos veinte (20) años.

El equipo se mantiene operativo en las condiciones originales de diseño, todos los sistemas operativos, especialmente el eléctrico y de control son obsoletos; razón por la cual es cada vez más difícil ubicar los repuestos requeridos para la continuidad de una operación segura y confiable.

En la figura No. 2 se ilustra un corte de la Estación de Trituración Primaria con vista expandida del Puente Grúa objeto del estudio.

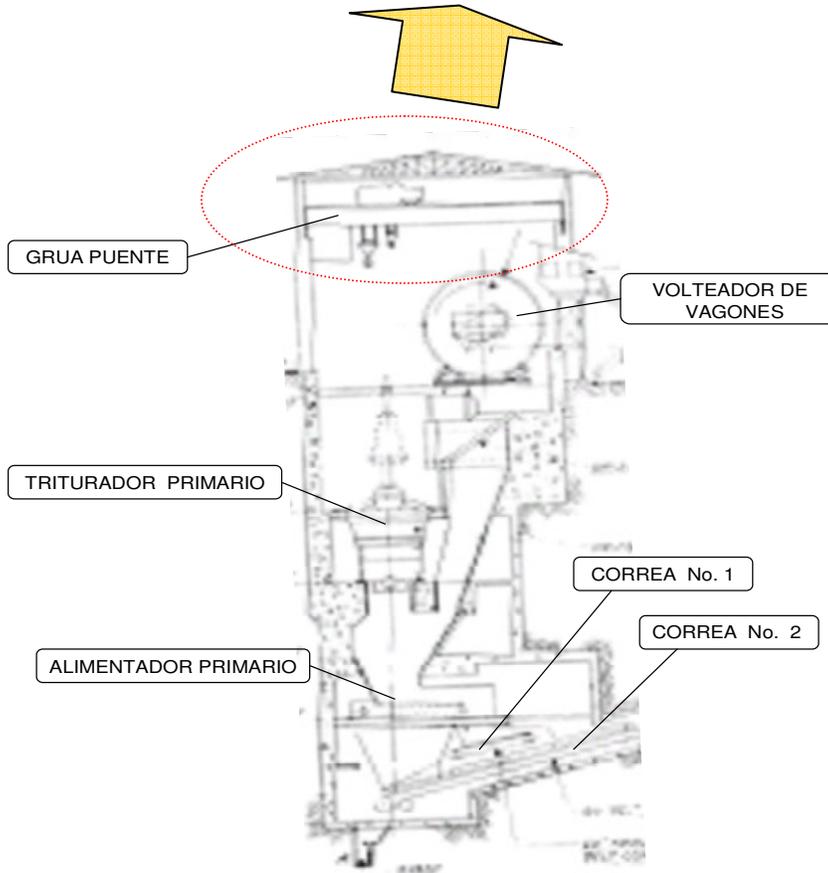
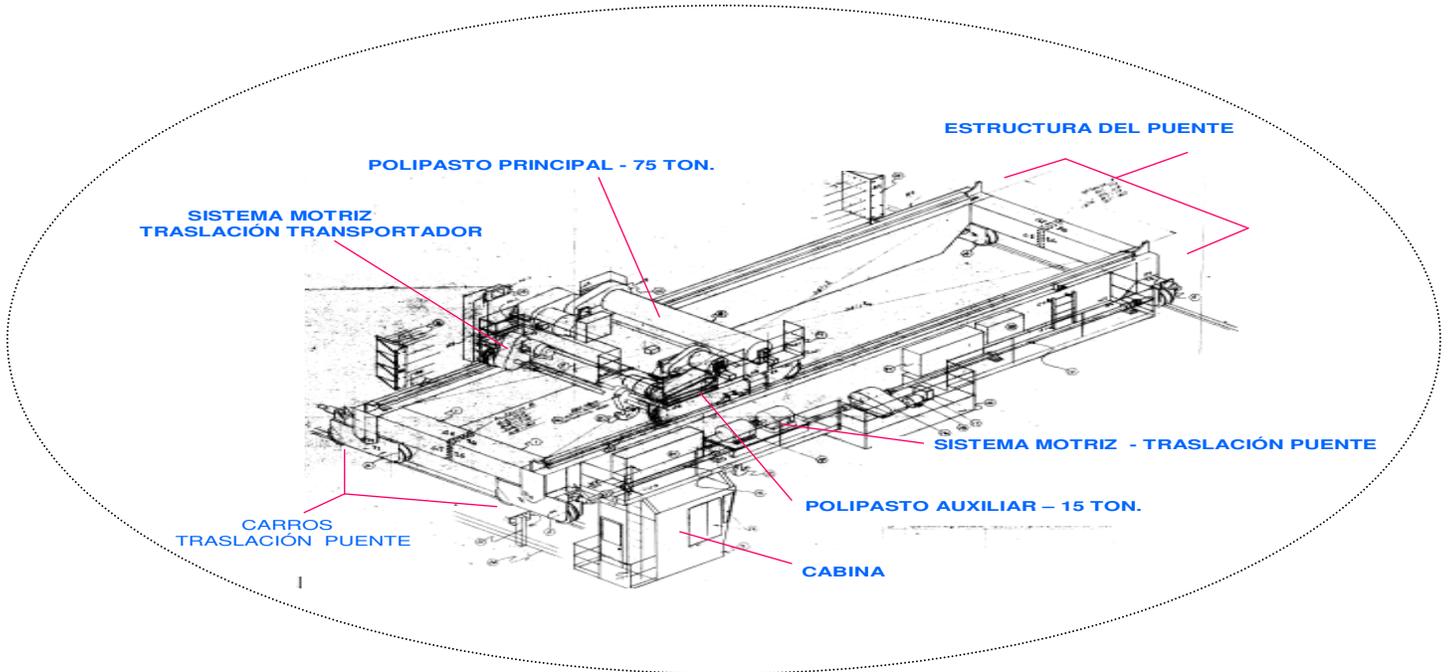


FIGURA No. 2 - ESTACIÓN DE TRITURACIÓN PRIMARIA

El Puente Grúa tiene dos (2) polipastos instalados (75/15 T de capacidad); que son imprescindibles para ejecutar actividades que van desde el mantenimiento rutinario de frecuencia semanal, para lo cual principalmente se utiliza el polipasto auxiliar de 15 T, hasta las actividades de mayor complejidad, tales como el reemplazo del volteador y del triturador primario que se realizan en las paradas mayores de mantenimiento, que requieren del manejo de componentes de hasta 75 T.

La ausencia o no disponibilidad de esta grúa al momento de presentarse una falla de operación en cualquiera de los equipos de esta línea de producción; puede generar un impacto económico por el orden aproximado de US\$ 1.000.000 por cada día de parada de la producción.

En resumen: .

La grúa puente existente “no es confiable”, se requiere seleccionar la alternativa de solución más conveniente.

Las alternativas de solución son:

1. **Repotenciar el equipo.**

Consiste en mantener la estructura reemplazando los sistemas operativos mecánicos, eléctricos y de control.

2. **Reemplazar el equipo en su totalidad.**

Consiste en adquirir un nuevo equipo para reemplazar la totalidad del equipo existente

1.2 Justificación del Estudio.

- Todos los equipos de producción instalados en la Estación de Trituración Primaria forman parte de la ruta crítica del proceso productivo de la Planta de Procesamiento de Mineral de Hierro.
- El puente grúa allí instalado es imprescindible para el mantenimiento de dichos equipos.
- El costo de adquisición de un nuevo equipo es bastante elevado.
- Es necesario determinar cual es la alternativa más viable para dar una solución rápida, eficaz, confiable y de largo plazo, al problema planteado.

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar la alternativa de solución más conveniente para reemplazar parcial o totalmente el equipo existente, en función de los recursos disponibles y de las necesidades del equipo a largo plazo.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar la condición actual de la grúa puente existente:
 - 1.- Estructura
 - 2.- Sistemas de traslación del puente y del transportador.
 - 3.- Polipastos.
 - 4.- Sistema eléctrico y de control.
- Evaluar la opción de repotenciar el equipo existente:
 - 1.- Reacondicionar estructura.
 - 2.- Reemplazar sistemas de traslación del puente y del transportador.
 - 3.- Reemplazar polipastos principal de 75 Ton y auxiliar de 15 Ton.
 - 4.- Reemplazo total del sistema eléctrico.
 - 4.- Reemplazo total del sistema de control.
- Evaluar la opción de un reemplazo total del equipo.

1.4 Alcance y delimitación

- Evaluar la condición general actual del equipo existente;
- Evaluar la condición de la estructura del puente
- Evaluar la condición de la estructura del transportador de polipastos
- Determinar si la estructura del equipo existente esta en condiciones de ser reutilizada por veinte (20) años más.
- Evaluar alternativas de repotenciación.
- Evaluar alternativas de reemplazo total.

La investigación incluirá la ejecución de las siguientes actividades:

- a) Recopilación de documentación y planos del equipo existente.
- b) Revisión de información técnica.
- c) Realizar pruebas no destructivas en la estructura del Puente y del transportador de polipastos.
- d) Revisar historial del equipo.
- e) Revisión de normas y estandares para ese tipo de equipos.
- f) Revisión de las opciones tecnologicas disponibles en el Mercado para este tipo de equipos.

1.5 Limitaciones

- Accesibilidad al equipo existente. El equipo esta instalado en un área de producción sujeta a régimen de trabajo continuo. Los domingos es el día de la semana reservado para mantenimiento por lo tanto , es el momento indicado para revisar el equipo.

2 Marco Conceptual

2.1 Antecedentes de la investigación

El historial de mantenimiento del equipo

2.2 Bases teóricas

Conocimientos básicos aplicados al diseño de estructuras

EL ACERO.

Se denomina acero a una aleación a base de hierro (Fe) y carbono (C) cuando este no sobrepasa el 1,70%. dependiendo del porcentaje de carbono se obtienen diferentes clases de acero, a saber:

CONTENIDO DE CARBONO	CLASIFICACIÓN DEL ACERO
0,15%	Extra dulce
0,15% a 0,30%	Dulce
0,30% a 0,45%	Semiduro
0,45% a 0,65%	Duro
0,65% a 1,70%	Extraduro
1,70% a 2,50%	Fundiciones aceradas
> 2,50%	Fundición

Tabla No. 2 – Clasificación de los aceros

Durante el proceso de obtención del acero, se incluyen en la aleación, otros elementos tales como: silicio (Si), níquel (Ni), cromo (Cr), vanadio (V), etc., los cuales modifican las características mecánicas de aquellos recibiendo el nombre de "aceros especiales".

CARACTERÍSTICAS DE LOS ACEROS ACTUALES PARA LA CONSTRUCCION.

Los aceros modernos, tienen las siguientes características:

- **Estructura interna homogénea.-** Esto es: grano fino y retícula cristalina homogénea. Por otra parte, debe estar exento de escorias, porosidad, oclusiones gaseosas, etc.
- **Mecánicamente homogéneo.-** Lo que supone que las características mecánicas como son: límite elástico, alargamiento, tenacidad, resiliencia, etc., deben permanecer invariables a lo largo de toda la pieza. Todos los elementos que formen parte de un atado, deben tener las mismas características mecánicas.
- **Alta soldabilidad eléctrica.-** El uso de la soldadura por arco eléctrico, tiene en la actualidad una gran importancia tanto en la construcción de edificios como en la de recipientes para contener líquidos, combustibles y gases, muchos de estos son almacenados a elevadas presiones, por lo cual, se requiere que el acero base, este libre de oquedades, y sea del tipo "calmado", es decir no "efervescente", debe tener una resistencia mínima de 20 N/mm², no debe volverse frágil y su capacidad para soportar esfuerzos de fatiga en la zona de transición debe permanecer invariable.

Como mencionábamos anteriormente, con la inclusión de otros elementos se mejoran las características del acero, entre otras destacamos:

- Aumentar el límite elástico. (Ni), (Co), (Cr).
- Disminuir la fragilidad. (Ni).
- Mejorar la soldabilidad. (Cu), (Si).
- Aumentar la resiliencia. (V).
- Aumentar la resistencia a la corrosión. (Cr), (Cu), (Ni).
- Invariabilidad resistiva a altas y bajas temperaturas. (Mn), (Si)
- Aumentar la resistencia a la fatiga. (V).

En general, lo que se pretende con este tipo de aleaciones es evitar:

- 1) **Envejecimiento de las estructuras.-** Es decir, la pérdida de capacidad mecánica a lo largo del tiempo.
- 2) **La fatiga.-** Esto es, el debilitamiento de elementos estructurales sometidos a vibraciones o a variaciones frecuentes de carga.
- 3) **La corrosión.-** Es decir, la pérdida de sección resistente de los perfiles debido a efectos químicos o ambientales.

- 4) **La rotura frágil.**- Es decir, el colapso casi instantáneo de elementos estructurales, los cuales pierden su elasticidad a bajas temperaturas y especialmente en presencia de soldaduras.

Las cargas:

En las construcciones modernas y debido a los costos de fabricación y montaje, debe tomarse muy en cuenta el tipo de perfil que ha de utilizarse para cada elemento de la estructura, el cual, deberá ser lo suficientemente resistente para soportar las cargas sin incrementar excesivamente los costos y a su vez, lo mas pequeño posible sin que ponga en peligro la edificación durante y después de la erección.

La selección de los perfiles también esta supeditada a unas normas, las cuales limitan la sección mínima necesaria utilizable, con lo cual, se garantiza si el calculo esta bien realizado, que los costos estarán en concordancia con los del mercado y que la estructura será estable y segura.

Seleccionar perfiles superiores a los requeridos, supone una mayor seguridad en la construcción, pero a su vez genera un mayor costo y revela la falta de seguridad del calculista.

Ocurre a veces que debido a disposiciones constructivas, es necesario sobre-dimensionar un elemento, lo cual no representa un incremento exagerado en los costos y posiblemente redundara en beneficios durante la fase de fabricación y montaje.

Es evidente, que la elección de los perfiles esta supeditada a los cálculos los cuales van a depender fundamentalmente de dos factores: longitudes y cargas.

El primero de estos factores se refiere a las distancias a cubrir esto es: luces para vigas y alturas para columnas. Las cuales, en oportunidades pueden modificarse después de efectuado un estudio tanto técnico como económico.

El segundo se refiere a las solicitaciones a que va a estar sometida la estructura entre los que se destacan: pesos de materiales, vibraciones, temperatura, impactos, pesos propios y al uso que se le va a dar a la edificación. Estas no deben ser modificadas.

Clasificación de cargas.

Cualquier carga aplicada se clasifica con respecto al tiempo en las formas siguientes:

- a. **Carga estática:**
La carga se aplica de manera gradual y el equilibrio se alcanza en un tiempo relativamente corto. La estructura no experimenta efectos dinámicos.
- b. **Carga sostenida:**
La carga, como el peso de una estructura, es constante durante un largo periodo.
- c. **Carga de impacto:**
La carga se aplica rápidamente. Una carga de impacto usualmente se atribuye a una energía impartida a un sistema.
- d. **Carga cíclica:**
La carga puede variar e inclusive invertirse en signo y tiene un periodo característico respecto al tiempo.

Una carga también se puede clasificar respecto al área sobre el cual se aplica:

- a. **Carga concentrada:**
La carga se aplica en un área mucho menor que la del miembro que se carga. Un ejemplo seria el contacto entre un rodillo y una viga de apoyo en un brazo de soporte mecánico, donde el área de contacto es 100

veces menor que la superficie del rodillo. Para estos casos se puede considerar que la fuerza aplicada actúa en un punto de la superficie.

b. **Carga distribuida:**

La carga se distribuye a lo largo de toda el área. Un ejemplo sería el peso de la calzada de un puente de concreto de espesor uniforme.

Las cargas además se clasifican respecto a su localización y método de aplicación. También, la dirección coordenada se debe determinar antes de que se pueda establecer el signo de la carga:

a. **Carga normal:**

La carga pasa a través del centroide de la sección resistente. Las cargas normales, pueden ser de tensión (figura 2. a) o de compresión (figura 2..b). La convención de signos es tal que la carga de tensión es positiva; y la compresión negativa.

b. **Carga cortante:**

La fuerza P se supone colineal con la fuerza cortante transversal V . La barra separada que se muestra en la figura 2.c. Ilustra la acción de una cortante positiva. Una fuerza cortante es positiva si la dirección de la fuerza y la dirección normal son ambas positivas o ambas negativas. La fuerza cortante que se muestra en la superficie de la izquierda de la figura 2.c se encuentra en la dirección y positiva, la cual es hacia abajo, y la normal a la superficie se encuentra en la dirección x positiva. De esta forma, la fuerza cortante es positiva. En la superficie derecha de la figura 2.c la fuerza cortante también resulta positiva, ya que la dirección de la fuerza cortante y la normal a la superficie son negativas. Una fuerza cortante es negativa si la dirección de la fuerza y la dirección normal tiene signos diferentes. Si la coordenada y hubiera sido escogida hacia arriba (negativa) en vez de hacia abajo (positiva) en la figura 2.c, la fuerza cortante sería negativa en vez de positiva. De esta forma, para establecer si una fuerza cortante es positiva o negativa, se deben designar las coordenadas x y y positivas.

c. **Carga flexionante:**

La carga se aplica transversalmente al eje longitudinal del miembro. Como se muestra en la figura 2.d un miembro está sujeto a momentos iguales y opuestos que se aplican en sus extremos. En la figura 2.d la parte inferior del miembro experimenta esfuerzos de tensión; mientras que la parte superior experimenta esfuerzos de compresión. Si los esfuerzos de tensión se encuentran en la dirección y positiva (hacia abajo), el momento flexionante es positivo, como es el caso de la figura 2.d. Si la coordenada y hubiera sido escogido hacia arriba (negativa) en vez de hacia abajo, los esfuerzos de tensión estarían en la dirección y negativa e implicaría que el momento flexionante sería negativo. Así, la designación de las coordenadas x y y resulta importante en la determinación del signo tanto para la fuerza cortante como para el momento flexionante.

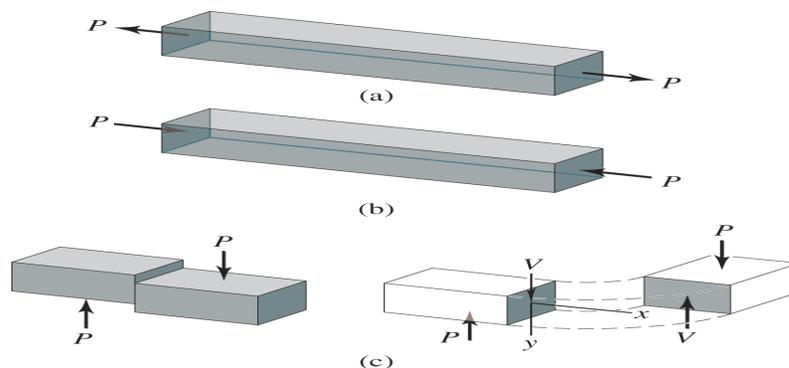


Fig. 3. Clasificación de las cargas con respecto a su ubicación.

d. **Carga de torsión:**

Este tipo de carga somete a un miembro a un movimiento de torsión figura 3.e, en esta figura se muestra una torsión positiva. Aquí se puede aplicar la regla de la mano derecha.

e. **Carga combinada:**

En la figura 3.f se muestra una combinación de dos o mas de las cargas que se definieron previamente (por ejemplo, cortante, flexionante y de torsión que actúa sobre un miembro). Se nota que el cortante, el flexionante y torsionante son positivos en esta figura.

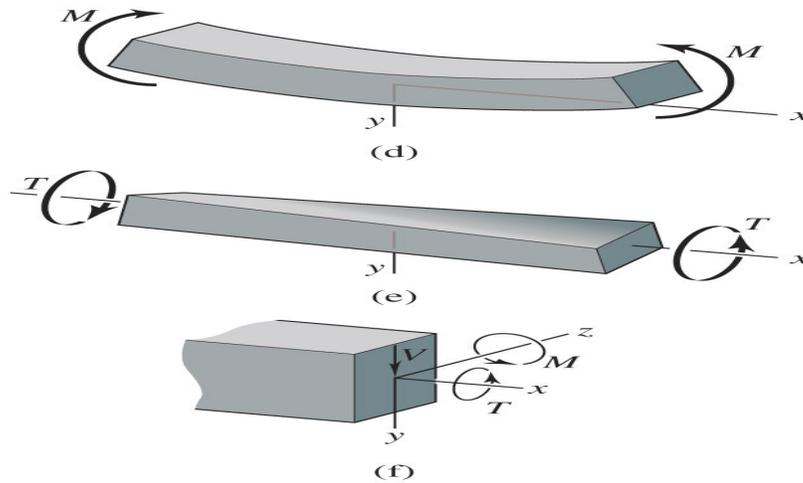


Fig. 4.- Clasificación de las cargas con respecto al momento de aplicación.

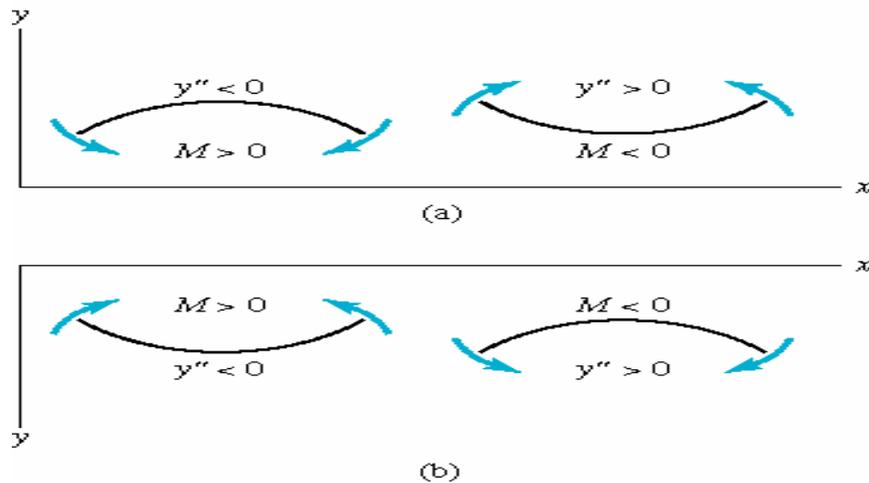


Fig. 5 Convención de signos que se utiliza para el momento flexionante. a) Coordenada y hacia arriba. b) Coordenada y hacia abajo.

Esfuerzo.

En la ingeniería es fundamental determinar el efecto de una carga sobre una pieza. Esa determinación es una parte esencial del proceso de diseño; uno no puede elegir una dimensión o un material sin entender primero la intensidad de la fuerza dentro del componente que se analiza. El esfuerzo es el termino que se emplea para

definir la intensidad y la dirección de las fuerzas internas que actúan en un punto dado sobre un plano particular. La resistencia, por otro lado, es la propiedad del material o de una parte del mismo.

Para una carga normal sobre un miembro que soporta una carga, en el cual la carga externa se distribuye uniformemente sobre un área de la sección transversal de una parte, la magnitud del esfuerzo normal promedio se puede calcular por medio de la ecuación.

$$\sigma_{prom} = \frac{\text{Fuerza promedio}}{\text{Area de la seccion transversal}} = \frac{P}{A}$$

El esfuerzo es la fuerza por unidad de área o newtons por metro cuadrado.

- **MARCO CONCEPTUAL**

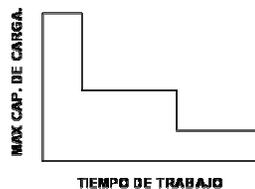
CRITERIO DE SELECCIÓN DE POLIPASTOS

El tamaño de un polipasto se determina en función del espectro de carga, el tiempo de operación promedio por día de trabajo, la carga segura de trabajo y la forma de configurar el paso de la guaya o cadena.

El espectro de carga puede ser evaluado de acuerdo a las siguientes definiciones:

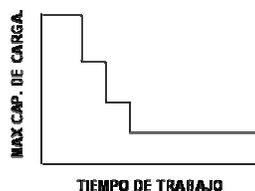
1. **Ligero.**

Equipos sujetos a pequeñas cargas y solo en casos excepcionales a su máxima capacidad de carga.



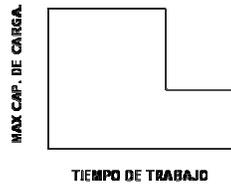
2. **Medio.**

Equipos usualmente sujetos a cargas pequeñas, pero con cierta frecuencia a su máxima capacidad carga.



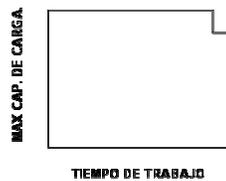
3. Pesado.

Equipos usualmente sujetos a cargas medianas, pero con frecuencia a su máxima capacidad de carga.



4. Extra pesado.

Equipos usualmente sujetos a máxima o a casi máxima capacidad de carga.



Adicionalmente es necesario definir lo siguiente:

- Condiciones operativas
- Máxima capacidad de carga
- Recorrido del gancho.
- Velocidad de elevación del gancho.
- ¿ Se requiere precisión al elevar o descender la carga ?
- ¿ Se requiere que la carga se desplace horizontalmente ?
- Controles deseados.

3 Marco Organizacional

3.1 Marco Organizacional de CVG. FERROMINERA ORINOCO C.A.

▪ Origenes

1926 Descubrimiento del cerro El Pao. El señor Arturo Vera, quien tenía un fundo en Las Adjuntas, encuentra un canto rodado de una roca negra, brillante, dura y pesada, que lleva a su casa y utiliza para amolar machetes. Simón Piñero, empleado de la firma Boccardo y Cia. De Ciudad Bolívar, acompaña mas tarde a Vera hasta el Cerro Florero, donde obtienen muestras suficientes para enviar a los Estados Unidos.

1933 La Bethlehem Steel Co. hace las primeras perforaciones y se constituye la Iron Mines Company of Venezuela.

1939 Como resultado del potencial ferrífero de la región, el ejecutivo decreta zona reservada para la exploración y explotación del mineral de hierro los Distritos Piar y Roscio del Estado Bolívar y el Territorio Federal Delta Amacuro.

1945 La Oliver Iron Mining Co., subsidiaria de la U.S. Steel, inicia la exploración al este del Caroní, bajo la dirección del geólogo Mack C. Lake.

1947 Folke Kihlstedt y Victor Paulik, exploran y obtienen el título del Cerro la Parida, nombre cambiado en 1948 por el de Cerro Bolívar. Exploran igualmente los Cerros Rondón y Arimagua.

1949 Se funda la Orinoco Mining Company, subsidiaria de la U.S. Steel Corporation, de los Estados Unidos. El señor Mack C. Lake es designado como su primer presidente.

1950 El 24 de Julio, el primer tren cargado de mineral efectúa el recorrido entre El Pao y Palúa.

1954 Se inauguran las operaciones de la Orinoco Mining Co. El 9 de enero zarpa el buque Tosca con el primer cargamento comercial de mineral de hierro con destino a Fairless Works (U.S.A). Ese año se exportan 3 millones de toneladas.

1968 Se inicia la construcción de la planta de briquetas de la Orinoco Mining Company.

1975 El 1ro. de Enero queda nacionalizada la industria del hierro en Venezuela. El 3 de Enero, zarpa el buque Tyne Ore con una carga de 17.417 toneladas de mineral de hierro con destino a Estados Unidos, el primer embarque después de la nacionalización. El 10 de Diciembre, se constituye formalmente la C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A.

1976 C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A. inicia sus operaciones como empresa responsable de la explotación y aprovechamiento del mineral de hierro en todo el territorio nacional.

- **Ubicación**

C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A., se encuentra ubicada en Venezuela (América del Sur), específicamente en el Estado Bolívar. Cuenta con dos centros de operaciones, Ciudad Piar, donde se encuentran los principales yacimientos de mineral de hierro; y Puerto Ordaz, donde se encuentran la planta de procesamiento de mineral de hierro, muelles y oficinas principales.



Fig. 6 – Ubicación Geográfica

- **Actividades**

26 años de experiencia en el mercado del mineral de hierro y una gama de 9 productos básicos disponibles para la industria siderúrgica del mundo, son algunas de las muchas ventajas que tiene CVG Ferrominera Orinoco como seguro y confiable proveedor de mineral de hierro.

CVG Ferrominera Orinoco exporta a 12 países ubicados en Europa, Asia y América Latina e igualmente provee a una acería y cinco plantas de reducción directa situadas en Venezuela. Asimismo tiene una capacidad instalada de producción de 25 millones de toneladas y una explotación constante en tres de sus minas a cielo abierto ubicadas en el Estado Bolívar.

También cuenta con una Estación de Transferencia de mineral ubicada en Boca de Serpientes, frente al Delta del río Orinoco en el Océano Atlántico, que puede almacenar hasta 180 mil toneladas métricas de mineral, lo cual le permite una capacidad de transferencia anual del orden de 6,5 millones de toneladas.

Otra ventaja es que CVG Ferrominera Orinoco opera una red ferroviaria de 320 kilómetros, una fuerza laboral con un promedio de 12 años al servicio de la empresa y está certificada bajo la Norma de Calidad ISO 9002:1995.

Experiencia y calidad hacen de CVG Ferrominera Orinoco uno de los más seguros proveedores dentro de la industria siderúrgica, ya que ofrece a todos sus clientes productos de la más alta calidad.

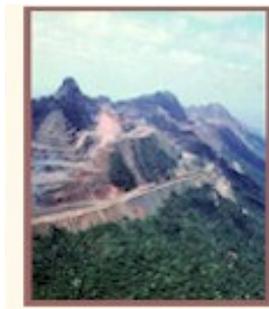


Fig. 7 - Cerro Bolívar

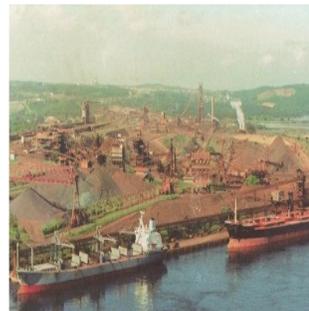


Fig. 8 - Muelle Puerto. Ordaz

- **Minería**

La producción del mineral de hierro, se realiza en base a los planes de minas a largo, mediano y corto plazo, los cuales se elaboran tomando como base la cantidad y calidad de las reservas y la demanda exigida por los clientes. Para la evaluación de recursos, planificación y diseño de la secuencia de excavación en las minas se utilizan sistemas computarizados.

Los procesos involucrados en la explotación del mineral son:

Los procesos involucrados en la explotación del mineral son:

Exploración: El paso inicial en la explotación del mineral de hierro consiste en la prospección y exploración de los yacimientos, con el propósito de identificar la cantidad de recursos así como sus características físicas y químicas.

Perforación: Esta operación se realiza con 4 taladros eléctricos rotativos que perforan huecos con brocas entre 0,11 m y 0,31 m de diámetro a profundidades de 17,5m y patrones de perforación de 7mx12m y 10mx12m lo que permite bancos efectivos de explotación de 15 m de altura.

Voladura: Se utiliza como explosivo el ANFO, sustancia compuesta por 94% de nitrato de amonio, mezclado con 6% de gasoil y el ANFOAL compuesto por 87% de nitrato de amonio, 3% de gasoil y 10% de aluminio metálico.



Fig. 9 – Proceso de Voladura

Excavación: Una vez fracturado el mineral por efecto de la voladura, es removido por palas eléctricas desde los frentes de producción. Se cuenta con 5 palas eléctricas con baldes de 10,70 m³ y 3 con baldes de 7,6 m³.



Fig. 10 - Pala Electrica

Acarreo: Se cuenta con 22 camiones de 90 t de capacidad que se encargan de acarrear el mineral para depositarlo en vagones góndola ubicados en las plataformas o muelles de carga. El suministro de mineral de hierro a la Planta de Trituración Los Barrancos se realiza con camiones de 170 t.

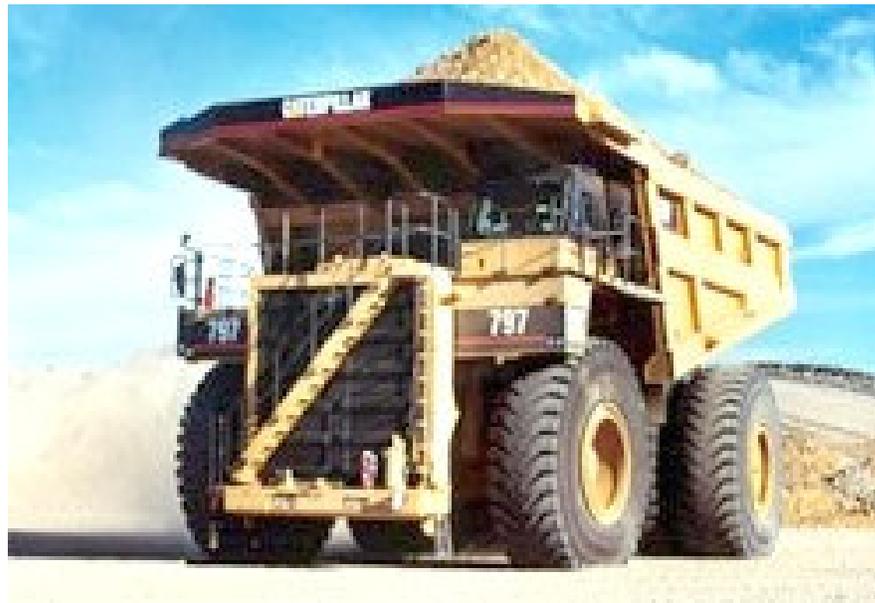


Fig. 11 - Camión de acarreo

- **Operaciones Ferroviarias**

Los vagones góndola, una vez cargados en los muelles de las minas, son llevados al patio del ferrocarril donde se conforman trenes con tres locomotoras de 2000 HP y 125 vagones de 90 t, para luego ser trasladados hacia Ciudad Guayana a una distancia de 130 km.

Sistema Ferroviario: Comprende las redes de la vía férrea de Puerto Ordaz - Ciudad Piar, interconexión Puerto Ordaz con el Puerto de Palúa, la red ferroviaria hacia las plantas de reducción directa en el sector Industrial de Matanzas (Sidor, Planta de Pellas de Ferrominera, Orinoco Iron, Comsigua y Posven). Con un total de 320 Km de vía férrea constituye la mayor red ferroviaria del país.

Recursos: Anualmente se transporta alrededor de 30 millones de toneladas de mineral de hierro no procesado (todo-en-uno), fino, grueso, pellas y briquetas hacia y desde las plantas siderúrgicas lo cual se realiza con 38 locomotoras con potencias que oscilan entre 1750 y 2000 HP de capacidad y 1784 vagones: 1300 vagones góndola de 90 toneladas de capacidad para el transporte de mineral desde las minas, 467 vagones tolva o de descarga por el fondo para el transporte de mineral fino, pellas y briquetas y 17 vagones de volteo lateral para el transporte de mineral grueso.

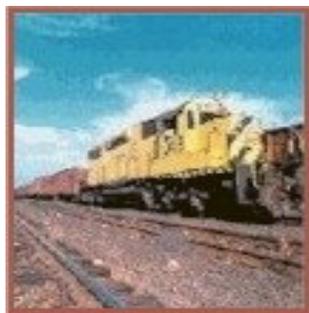


Fig. 12 – Locomotora



Fig. 13 – Vía Férrea

Control de Operaciones: El control central de las operaciones se realiza con un sistema de tráfico centralizado (CTC) y un sistema de tráfico automático de bloques. La comunicación se realiza mediante radio enlace. Todas las operaciones son controladas desde la oficina central en Puerto Ordaz.

Características de la Vía Férrea: La carga máxima por eje es de 32,5 toneladas, la pendiente máxima es de 3,1 % y la mínima 0,045 %. La trocha o ancho de la vía es de 1.435 mm. Los rieles son de 132 libras por yarda. La velocidad máxima permitida para el tráfico actual es de 45 km/h en trenes cargados y 55 km/h en trenes vacíos.

- **Planta de Procesamiento del Mineral de Hierro**

Al llegar a Puerto Ordaz los trenes cargados con mineral no procesado proveniente de la mina (Todo en Uno) con granulometría de hasta 1 m son seccionados en grupos de 35 vagones, que luego son vaciados individualmente, mediante un volteador de vagones con capacidad para 60 vagones por hora. Una vez volteados los vagones, el mineral es transferido al proceso de trituración para ser reducido al tamaño máximo de 44,45 mm.

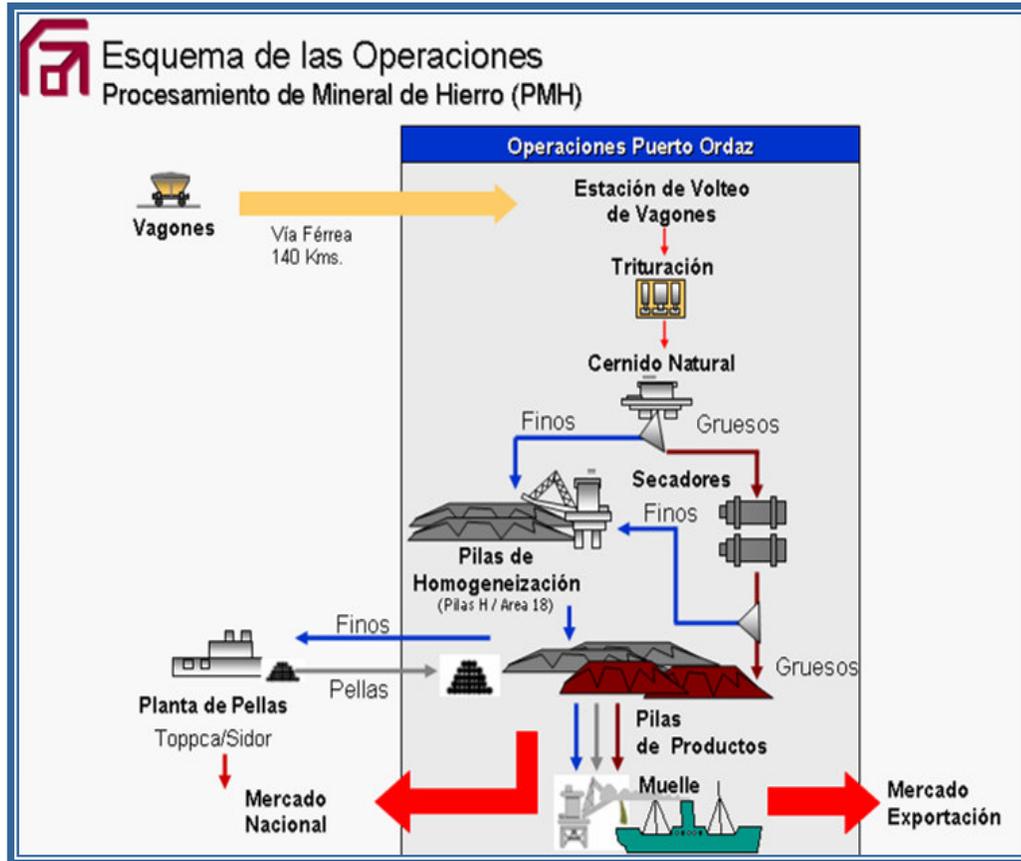


Fig. 14 – Esquema de Operaciones Planta de Procesamiento de Mineral de Hierro

Cernido: Luego de la etapa de trituración del mineral Todo en Uno, el mineral fino se transporta hacia las pilas de homogeneización y el mineral grueso hacia la Planta de Secado y de allí va a los patios de almacenamiento de productos gruesos.

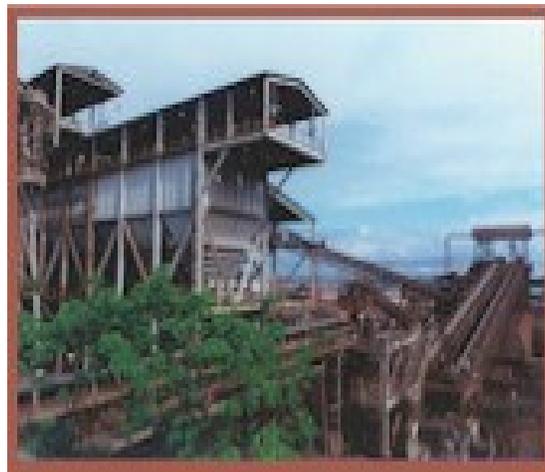


Fig. No.15 - Estación de Cernido Natural

Homogeneización y Transferencia: En esta etapa, el mineral fino es depositado en capas superpuestas hasta conformar pilas de mineral homogeneizado física y químicamente de acuerdo con las especificaciones de cada producto, de allí el producto es despachado a los clientes o transferido hacia los patios de almacenamiento, los cuales están ubicados en: Pila Norte (Finos), Pila Sur (Gruesos), Pila Principal (Finos y Pellas) y Pila Clientes Locales (Gruesos y pellas).

Despacho: El producto destinado para la exportación se encuentra depositado en las pilas de almacenamiento en Puerto Ordaz y en la Estación de Transferencia. El embarque de mineral se realiza por medio de sistemas de carga compuestos básicamente por equipos de recuperación y carga de mineral, correas transportadoras y balanzas de pesaje, para registrar la cantidad de mineral despachada.

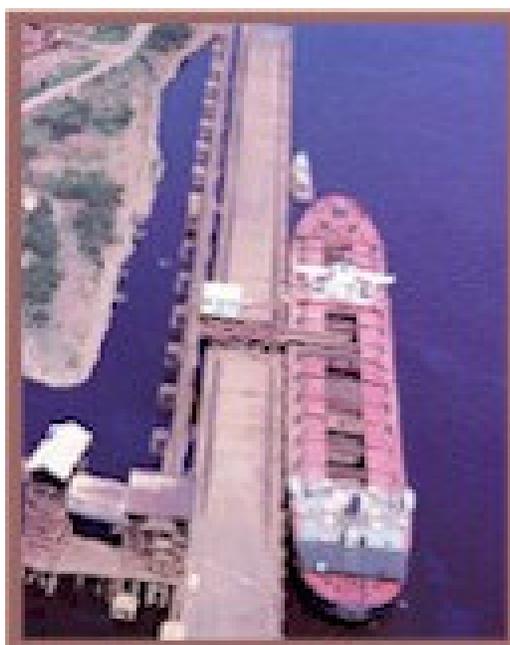


Fig. 16 - Muelle de carga – Puerto Ordaz

- **Planta de Pellas**

La Planta de Pellas está ubicada en el complejo industrial Punta Cuchillo, Matanzas. Dispone de facilidades para suministrar la materia prima a las plantas de reducción directa (Comsigua y Posven). Así mismo, cuenta con un sistema para el transporte de los productos de estas plantas reductoras de mineral de hierro al puerto de Palúa para su exportación.

Esta planta se construyó de forma modular, para producir en una primera etapa 3,3 millones de toneladas por año de pellas tipo reducción directa y/o alto horno. Esta etapa se ejecutó con recursos propios de C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A. y financiamiento privado.

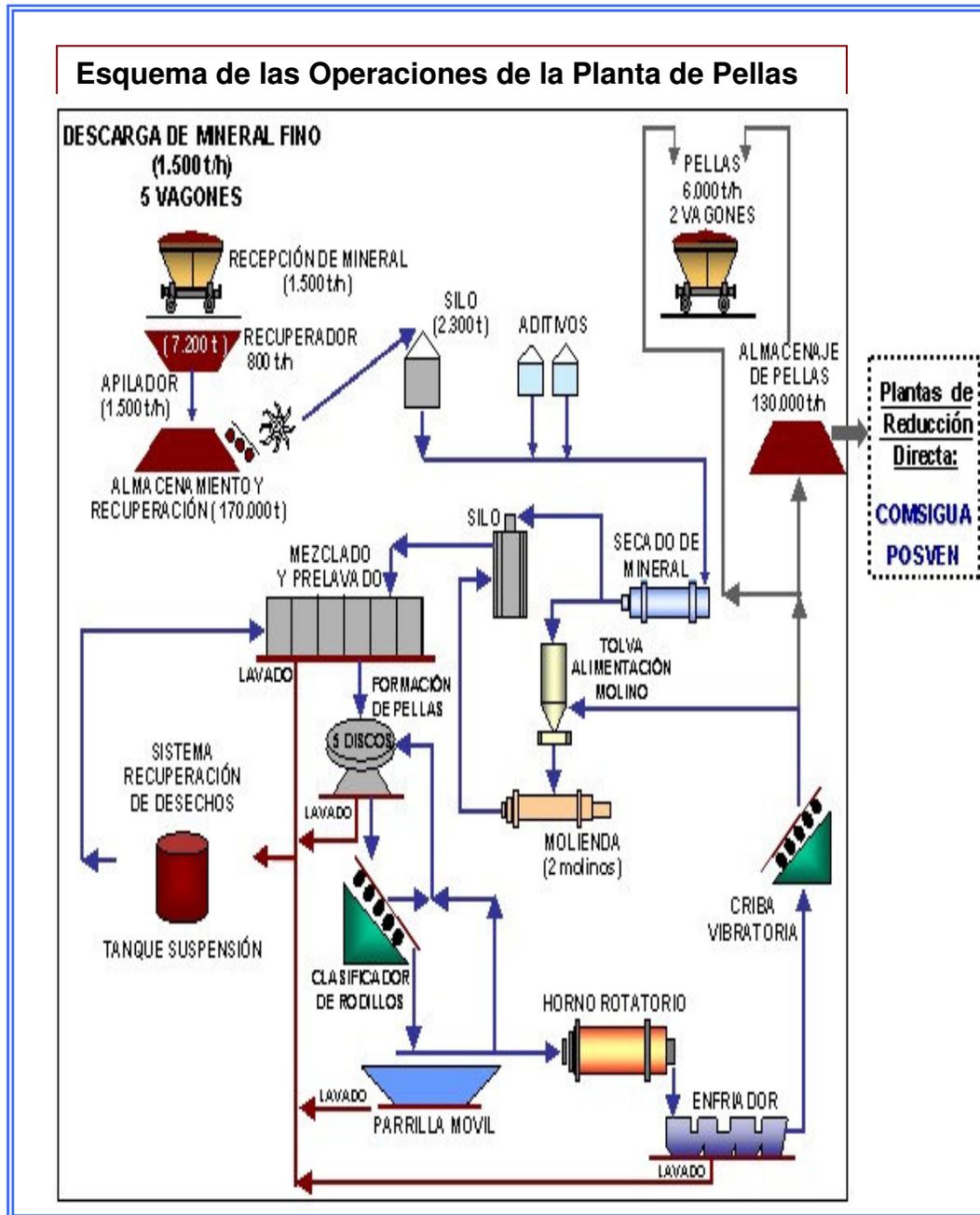


Fig. 17 – Esquema de Operaciones Planta de Pellas

En una segunda etapa se ampliará la capacidad de peletización hasta 6,6 millones de toneladas con la construcción de una segunda línea, para lo cual se está promoviendo la conformación de una asociación estratégica donde participen inversionistas privados nacionales y extranjeros.



Fig. 18 - Vista de la Planta de Pellas de FMO

- **Estación de Transferencia**

Desde el año 1989, el Sistema de Transferencia se ha consolidado como una operación capaz de manejar grandes volúmenes de carga, facilitando la presencia de nuestro mineral en mercados tan lejanos como Japón y China, además de consolidarnos en puertos de aguas profundas de Europa.

El Sistema de Transferencia está conformado por tres buques autodescargantes: un buque-estación denominado “Boca Grande”, pilar fundamental del sistema, y dos buques de acarreo, M/N “Río Caroní” y M/N “Río Orinoco”, ambos encargados de mantener abastecido al “Boca Grande” de mineral de hierro que luego es transferido a buques de exportación.

El buque-estación “Boca Grande” está anclado en forma permanente a 90 millas de la milla 0 del canal de navegación del río Orinoco, en Boca de Serpiente, entre las costas de Trinidad y Venezuela.



Fig. 19 - Estación de Transferencia

- **Política de Ambiente**

C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A., reconoce que la preservación del medio ambiente es una necesidad básica y por ello asume los siguientes compromisos:

- 1.- Establecer y revisar periódicamente, objetivos y metas que permitan instalar y mejorar continuamente el Sistema de Gestión Ambiental según los requerimientos de la Norma COVENIN ISO 14001.
- 2.- Exigir un adecuado desempeño ambiental a nuestros proveedores de bienes y servicios.
- 3.- Educar, entrenar y motivar a todo el personal de la organización para que adopte prácticas compatibles con la prevención de la contaminación.
- 4.- Identificar los aspectos ambientales significativos de sus actividades, productos y servicios, a fin de diseñar acciones tendientes a prevenir, mitigar y controlar los impactos ambientales significativos y asegurar los niveles de calidad ambiental exigidos en la legislación ambiental vigente.

- **Política de Higiene y Seguridad**

Es política de C.V.G. Ferrominera Orinoco C. A. asegurar la ejecución de sus actividades en condiciones óptimas de Higiene y Seguridad Industrial, manteniendo un ambiente de trabajo que garantice la integridad física y mental de sus trabajadores y su mayor productividad.

Para cumplir esta política la Gerencia debe planificar y perfeccionar la metodología de trabajo, la supervisión garantizar el cumplimiento de todas las Normas, Procedimientos y condiciones de seguridad establecidas por la empresa, y cada trabajador es responsable por conocer y atender rigurosamente los métodos seguros generales y específicos de su área de trabajo.

- **ISO 14000**

La Empresa está comprometida con el establecimiento y mantenimiento de un Sistema de Gestión Ambiental, basado en los requerimientos de la Norma Venezolana COVENIN – ISO 14001 e impulsar el mejoramiento continuo de todos sus procesos.



Fig. 20 – Cerro Bolívar

- **Estructura Organizativa de la C.V.G Ferrominera Orinoco C.A**

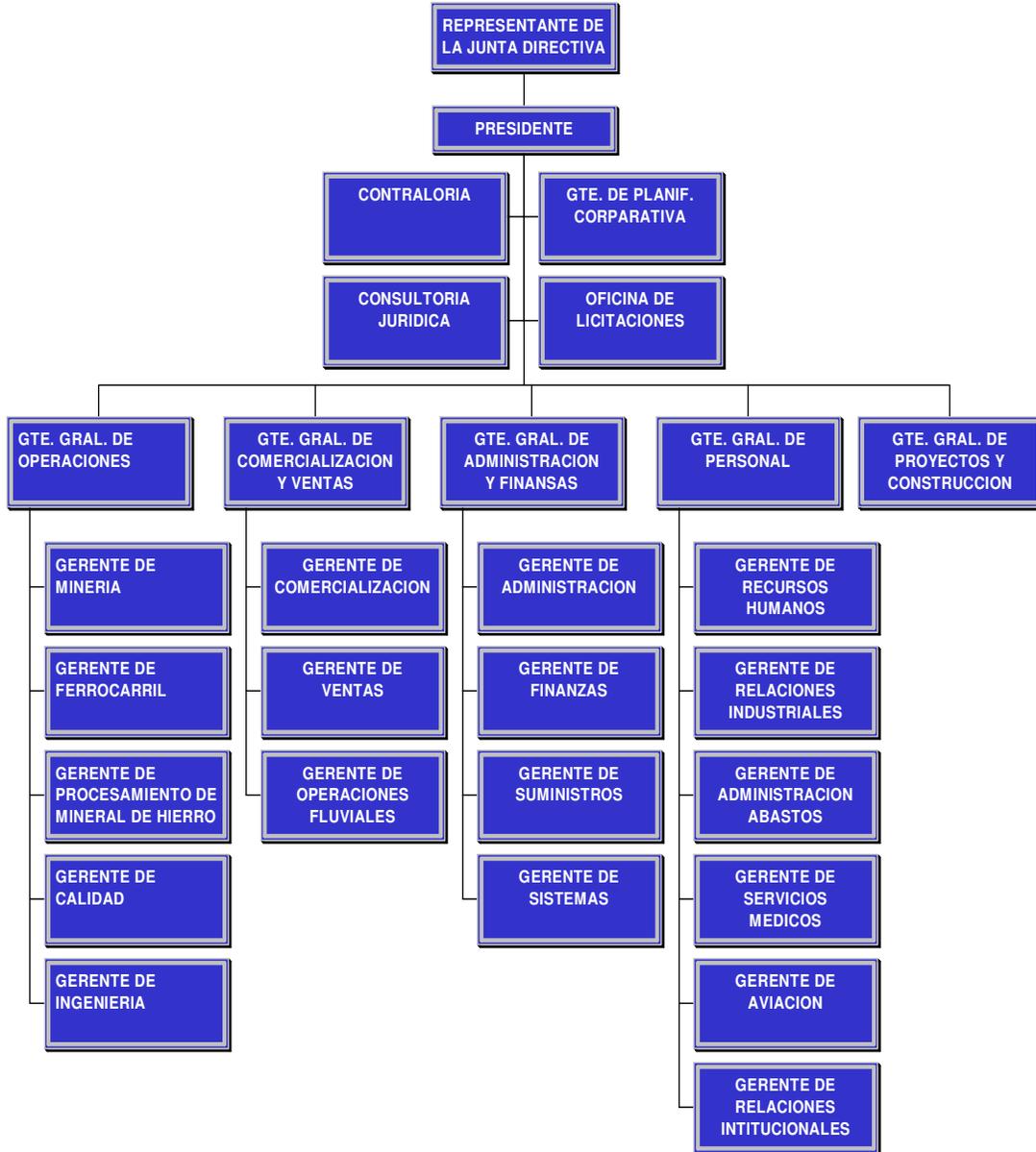


Fig. 21 – Organigrama FMO

- **Estructura Organizativa de la Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro**

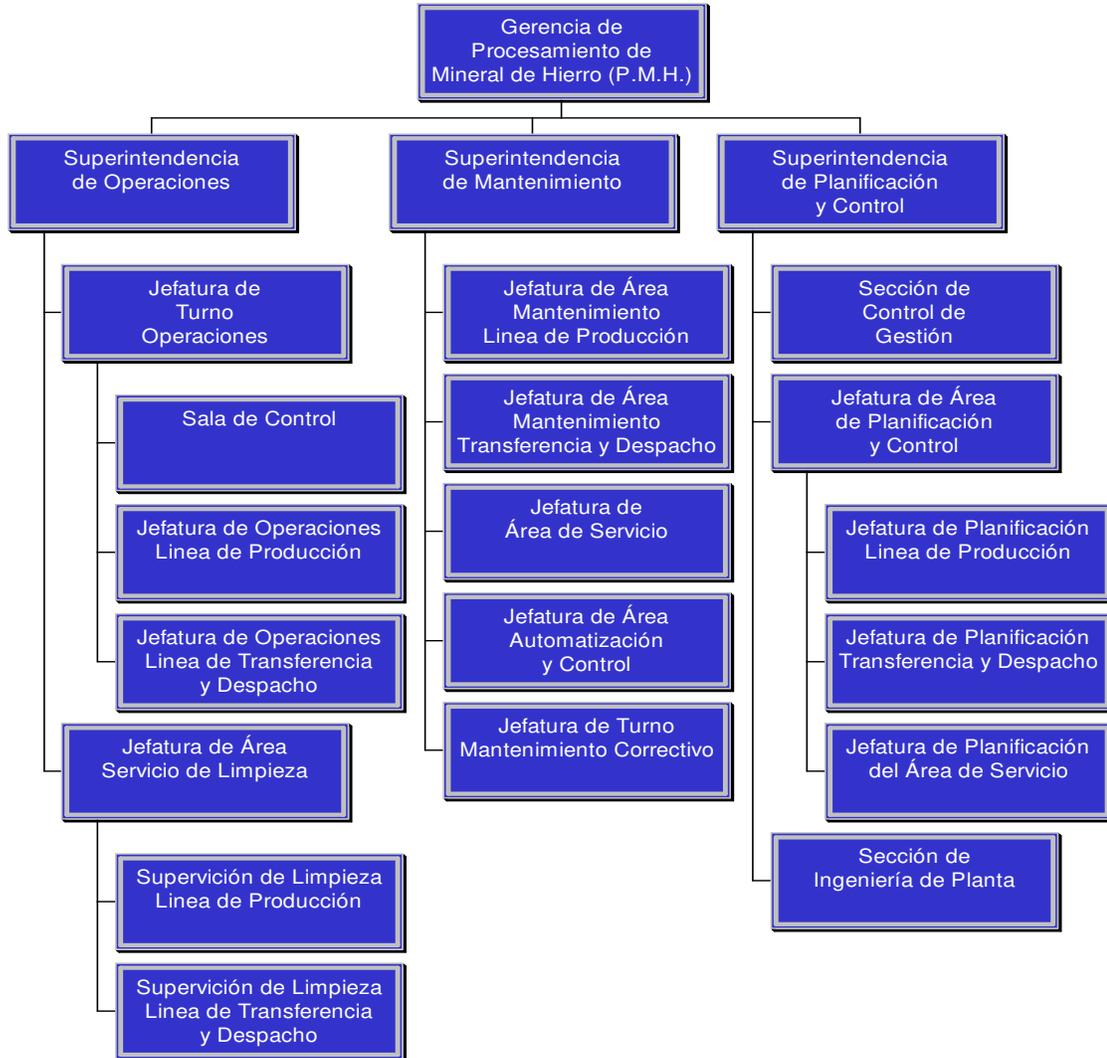


Fig. 22 – Organigrama Planta de Procesamiento de Mineral de Hierro

4 MARCO METODOLOGICO

4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

1. **Evaluativa** a objeto de indagar y recoger en campo, información suficiente para definir y medir las variables a utilizar; identificar fortalezas, debilidades, tendencias, áreas de oportunidad, etc.; para sentar las bases de investigaciones posteriores.

Descriptiva, de orden cualitativa; para especificar las propiedades, características y rasgos importantes de los conceptos o variables a utilizar; información fundamental para la gestión de Calidad del Proyecto.

2. **Correlacional**, para medir la relación entre las variables fundamentales del proyecto.

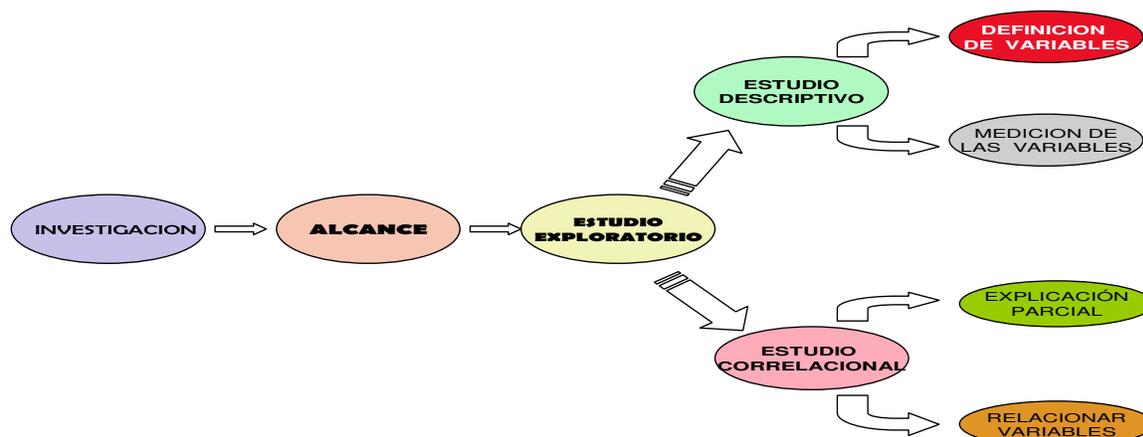


Figura No. 23 – Flujo grama de la Investigación

4.2 METODOLOGIA

1. Entrevistas con el usuario a fin de determinar la necesidad del equipo solicitado.
2. Inspección del equipo existente y revisión del historial y documentación del mismo.
3. Evaluación de las consideraciones técnicas y económicas de los nuevos equipos.
4. Análisis de los datos recopilados y evaluación económica de la inversión.

4.3 EVALUACIÓN TÉCNICA

La condición del equipo actual se resume de la siguiente manera:

A. **Estructura del equipo - Puente y Transportador de los polipastos.**

Asumiendo que la Grúa ha mantenido un ciclo operativo periódico de 16 hr. semanales de trabajo (paradas semanales de mantenimiento) + veinte (20) días o 480 hr. (3 semanas) de trabajo anual en paradas de mantenimiento mayores; tendríamos:

$$\text{Uso Anual} = (16 \text{ hr/sem} \times 49 \text{ sem/año}) + 480 \text{ hr/año (paradas)} = 1.264 \text{ hr}$$

$$\begin{aligned} \text{Uso desde adquisición} &= 1.264 \text{ hr/año} \times 45 \text{ años} = 56.880 \text{ hr de uso} \\ &= 2.370 \text{ días} \\ &\approx \underline{6,2 \text{ años de uso}}. \end{aligned}$$

De lo anterior podemos inferir que la estructura de la Grúa, luego de cuarenta y cinco (45) años de servicio; ha cumplido su ciclo de vida útil.

- La informática aplicada al diseño estructural, (*CAD, Análisis de elementos finitos*)
- Nuevas tecnologías de materiales y técnicas de fabricación aplicadas a la fabricación de estructuras y equipos mecánicos rotativos.
- Nuevas tecnologías en automatización y control que permiten arranques suaves, aceleración sin paso, distribución equitativa de cargas, etc.

Han evolucionado el diseño de los puente grúas, hacia el uso de estructuras más livianas, balanceadas y eficientes.

B. Los sistemas mecánicos de traslación, del puente y del transportador de los polipastos, son obsoletos.

- El Puente utiliza un sistema de traslación, que consiste de un sistema motriz, motor-reductor acoplado en serie mediante cardanes, a dos (2) carros motrices ubicados a cada extremo del puente. Este tipo de diseño, genera el efecto conocido como skewing o torsión de la estructura del puente al iniciar o detener la traslación.
- El estándar recomienda el uso de carros de traslación equipados con sistemas motrices individuales e independientes, controlados por sistemas de control vectorial de motores que permiten una operación suave, sin paso, (*steplless*), controlada y una distribución equitativa de las cargas, eliminándose así la generación de cargas de choque y de tipo torsional, hecho que contribuye al uso de una estructura más liviana en los nuevos equipos.
- Los repuestos para mantener los sistemas operativos actuales, son fabricados bajo pedido especial y por lo tanto son muy costosos.

C. Sistema eléctrico y de control del equipo.

Hay dificultad, e incluso imposibilidad de obtener algunos repuestos que ya no son fabricados por entrar en desuso la tecnología. Para mantener el equipo operativo, ha sido necesario hacer algunas adaptaciones o migraciones, cada vez más difíciles dada la brecha tecnológica existente.

TABLA No. 3 EQUIPO ACTUAL Vs. EQUIPO PROPUESTO

No.	SUBSISTEMA	EQUIPO ACTUAL	EQUIPO PROPUESTO	VENTAJAS DEL NUEVO EQUIPO
1	ESTRUCTURA	DOBLE GIRDER	DOBLE GIRDER	MAS LIVIANO Y EFICIENTE.
2	SISTEMAS MECANICOS DE TRASLACION DEL PUENTE Y DEL TRANSPORTADOR	DISEÑOS OBSOLETOS	MAS LIVIANOS Y EFICIENTES	MEJOR OPERACIÓN, FACILIDAD DE MANTENIMIENTO,
3	POLIPASTOS	DISEÑOS OBSOLETOS	MAS LIVIANOS Y EFICIENTES	MEJOR OPERACIÓN, FACILIDAD DE MANTENIMIENTO,
4	FRENOS	DISEÑOS OBSOLETOS	MAS LIVIANOS Y EFICIENTES	MEJOR OPERACIÓN, FACILIDAD DE MANTENIMIENTO,
5	MOTORES	DURABLES, COSTOSOS DE MANTENER	ECONOMICOS, FACILES DE MANTENER	FACILIDAD DE MANTENIMIENTO
6	SISTEMA ELCTRICO Y DE CONTROL	RELES, CONTACTORES	OPERACIÓN SIN PASO (STEPLESS DRIVE), PLC, OPERACIÓN INALAMBRIKA, CAPACIDAD DE DIAGNOSTICO	OPERACIÓN , MANTENIMIENTO

La verificación de la condición estructural del equipo existente corresponde al objetivo No. 1 de este estudio.

• **Objetivo Especifico No. 1**

La evaluación de la estructura de la grúa puente existente es un pre-requisito para el Objetivo Especifico No. 2 del presente estudio, dado que la viabilidad de repotenciar el equipo existente depende de que su estructura este en condiciones de garantizar la extensión de su uso por otros veinte (20) años.

4.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población seleccionada para la realización del presente estudio esta constituida por una sola muestra que es la grúa puente PACECO instalada en la Estación de Trituración Primaria de la Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro, ubicada en Puerto Ordaz – Edo. Bolivar.

Dicho equipo fue adquirido en 1958 por la operadora **ORINOCO MINING COMPANY**, subsidiaria de **US STEEL CORPORATION** MEDIANTE EL CONTRATO No. 4746 suscrito con la empresa fabricante **PACIFIC COAST ENGINEERING COMPANY**.

4.5 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS.

HERRAMIENTAS A UTILIZAR

a. Estudio estructural.

Revisión de la capacidad de carga de las vigas según las nuevas normas de diseño de estructuras metálicas de la AISC. *(realizado por la empresa ANDRESSEN INGENIERÍA; CA)*

b. Inspección visual (líquidos penetrantes)

Para verificar estado de las soldaduras, presencia de grietas
(realizado por la empresa ANDRESSEN INGENIERÍA; CA)

Medición de espesores ultrasonica en girders, planchas, perfiles.
(realizado por la empresa ANDRESSEN INGENIERÍA; CA)

c. Topografía.

Verificación de nivel, descuadre.

(realizado por la empresa ANDRESSEN INGENIERÍA; CA)

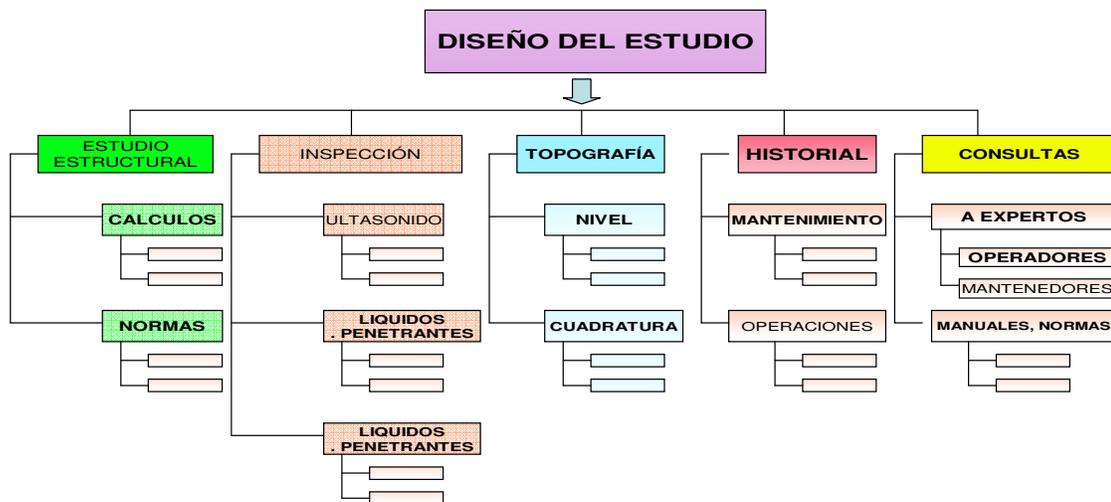
d. Revisión de datos históricos.**e. Entrevistas con operadores y personal de mantenimiento - Encuesta. (ver anexos)****f. Consulta a fabricantes, manuales.****DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

FIGURA No. 24 – Diseño del Estudio

a.- Cálculo Estructural según normas AISC (Andresen Ingeniería)

Cálculo de la estructura actual, aplicando las nuevas normas de diseño para estos equipos.

- Se realizó levantamiento en sitio de los perfiles estructurales utilizados.
- Determinación del momento de diseño para calcular la máxima carga actuante en la viga (Ver anexos)
- Se determinó que el factor de seguridad para las vigas carrileras es de 8,6 por lo tanto se deduce que la estructura es confiable y esta en condiciones de ser re-utilizada.

b.- Inspección no destructiva mediante la aplicación de:

- Líquidos Penetrantes

Aplicación de tintes penetrantes a todas las uniones soldadas de la estructura del puente. No se detectó ningún tipo de falla. (Estudio realizado por la empresa Andresen Ingeniería, CA)

- Ultrasonido. Medición de espesores en las vigas cajón (girders) del puente. (Andresen Ingeniería)

- a) Para realizar la medición, se utilizó un aparato de ultrasonidos, Marca: Krautkramer Branson, Modelo USN-50-L de precisión 0,01 mm Código aplicable ANSI/AWS D

- b) Se calibro el equipo siguiendo las instrucciones del manual.
- c) Selección de los puntos en la estructura donde se evidencia mayor deterioro.
- d) Se procedió a remover el oxido en los puntos seleccionados con el uso de cepillos de alambre Se limpio y se preparo la superficie en los puntos a medir.
- e) Se realizaron mediciones de manera aleatoria en 03 puntos por miembro, haciendo 02 mediciones por cada miembro seleccionado.
- f) Evaluación ultrasónica de las vigas cajón del puente.
- g) No se detectó ninguna falla (Ver anexos)



Fig. No. 25 - Aparato de Ultrasonido.

▪ **Topografía. (Andressen Ingeniería)**

Se realizaron las siguientes actividades:

- a Revisión de nivelación de rieles y vigas carrileras cada 1,00 mts.
- b Revisión de la alineación de las vigas, rieles y columnas cada 2,00 mts.
- c Revisión de la nivelación del puente grúa cada 1,00 mtrs.
- d Revisión de la cuadratura del puente grúa.

Los resultados arrojados por el estudio topográfico muestra ligeras desviaciones que están dentro de los límites de tolerancias recomendadas por el fabricante.

Al revisar la cuadratura no se observaron diferencias apreciables que sugieran algún tipo de deformación.

- **Revisión del equipo existente contra los estándares actuales para puente grúas.**

TABLA No. 4

TABLA COMPARATIVA GRUA EXISTENTE DE 75 TON VS. ESTÁNDAR ACTUAL

SUB-SISTEMA	ESTÁNDAR ACTUAL	EQUIPO EXISTENTE	OBSERVACIONES
ESTRUCTURA	DOBLE GIRDER	DOBLE GIRDER	Ok
TRASLACIÓN PUENTE	SIST. MOTRICES INDIVIDUALES, INDEPENDIENTES PARA CADA LADO DEL PUENTE	SIST. MOTRIZ SENCILLO - TRASMISIÓN EN SERIE POR CARDANES	FUERA DE ESTANDARD
TRASLACIÓN TRANSPORTADOR	SIST. MOTRICES INDIVIDUALES, INDEPENDIENTES PARA CADA LADO DEL TRANSPORTADOR.	SIST. MOTRIZ SENCILLO - TRASMISIÓN EN SERIE POR CARDANES	FUERA DE ESTANDARD
POLIPASTOS PRINCIPAL Y AUXILIAR	MAS LIVIANOS Y EFICIENTES	DESCONTINUADO, OBSOLETO, NO HAY REPUESTOS.	FUERA DE ESTANDARD
SISTEMA ELECTRICO	MAS SEGURO Y EFICIENTE	DESCONTINUADO, OBSOLETO, NO HAY REPUESTOS.	FUERA DE ESTANDARD
SISTEMA DE CONTROL	VARIADOR DE FRECUENCIA, OPERACIÓN SIN PASO.	RELES, CONTACTORES, OBSOLETO, NO HAY REPUESTOS.	FUERA DE ESTANDARD
INSTRUMENTACIÓN	DIGITAL, INALAMBRICA	SWITCHES ELECTROMECAÑICOS, OBSOLESCENCIA.	FUERA DE ESTANDARD

2.5 Resultados

Los resultados obtenidos por los diferentes métodos de inspección permiten afirmarr que la estructura del puente grúa existente esta en buenas condiciones, por lo cual es factible que el equipo pueda ser repotenciado.

Objetivo Especifico No. 2

Evaluación de la alternativa de repotenciar el equipo existente.

Los resultados obtenidos en el estudio anterior determinan que el equipo existente es repotenciable; en tal sentido es necesario evaluar dicha opción.

Repotenciar el equipo equivale a reemplazar todos los sistemas operativos del equipo, reutilizando la estructura existente.

La siguiente Tabla muestra una estimación de los costos de repotenciación del equipo existente, en base a información proveniente de catálogos y de proveedores.

Tabla No. 5 – Costos de repotenciar

SISTEMA	SUBSISTEMA	DESCRIPCION NUEVOS COMPONENTES	VALOR ESTIMADO U.S. \$
ESTRUCTURAL	RECONDICIONAMIENTO ESTRUCTURA		10,000
MECANICO	1.- Traslación puente.	Sist. Motrices Independientes, carros.	100,000
	2.- Traslación transportador	Sist. Motrices Independientes, carros.	20,000
	3.- Polipasto principal de 80 Ton.	Sist. Motriz, tambor, guaya, freno, gancho.	80,000
	3.- Polipasto auxiliar de 15 Ton.	Sist. Motriz, tambor, guaya, freno, gancho.	20,000
ELECTRICO	SIST. ELECTRICO	Alimentación, motores	100,000
CONTROL	SIST. CONTROL	PLC, Variador de frecuencia, cabina, instrumentación.	100,000
TOTAL			430,000

Esta opción incluye garantía de equipo nuevo, sin embargo existe la incertidumbre de si en efecto, la vieja estructura se mantendrá en condiciones de operar unos veinte (20) años más.

Intangibles tales como fatiga son factores a considerar.

- **Objetivo Especifico No. 3**

Evaluación de la alternativa de reemplazo total del equipo, adquisición de una nueva Grúa Puente.

Vía Internet, se obtuvieron ofertas referenciales, por un equipo totalmente nuevo, equivalente al existente con tecnología de última generación. (*Ver anexos*)

Tabla No. 6 – Ofertas referenciales

PROPUESTA - EMPRESA	ALCANCE	MONTO DE LA PROPUESTA US\$
ACECO	<i>Puente Grúa clase D</i>	\$ 450,000
E.M.H.	<i>Puente Grúa clase C</i>	\$ 350,000

- El equipo que se desea reemplazar tiene una Clasificación de Servicio D (Servicio extra-pesado)
 - El equipo ofrecido por la empresa EMH es de Clasificación de Servicio clase C (servicio pesado) inferior al equipo existente.
 - El equipo ofrecido por la empresa ACECO es de Clasificación de Servicio D, conforme a lo solicitado.
- Ambas propuestas satisfacen todas las demás especificaciones requeridas.

4.5 EVALUACIÓN ECONOMICA DE LAS ALTERNATIVAS

El proyecto de reemplazo de la Grúa Puente PACECO, instalada en la Estación de Trituración Primaria de la Planta de Procesamiento de Mineral de Hierro ofrece dos (2) alternativas:

1. **REPOTENCIAR EL EQUIPO EXISTENTE.**

Consiste en reutilizar la estructura del equipo existente (*puente y transportador de polipastos*) y reemplazar la totalidad de los sistemas operativos del puente grúa. Incluye:

- Desmontaje del equipo existente; recuperación y reacondicionamiento de la estructura.
- Desmontaje de sistemas motrices, polipastos, sistema eléctrico, gabinetes, cableado, sistema de alimentación, cabina, estructura del transportador de polipastos.
- Adaptación, instalación de nuevos sistemas motrices de traslación del puente.
- Reacondicionamiento de la estructura del transportador de polipastos.
- Adaptación, instalación de nuevos sistemas motrices de traslación del transportador de polipastos.
- Adaptación, instalación de nuevos polipastos.
- Adaptación, instalación de nuevo sistema eléctrico.
- Instalación de nuevo sistema de control.
- Instalación de nueva cabina.
- Reutilización de la infraestructura existente.

Costo estimado de repotenciar US\$ 430.000
Tiempo de ejecución 30 – 40 días.

Fuente: Propuesta de la empresa KONE, Junio 2004

2. REEMPLAZO TOTAL DEL EQUIPO.

Consiste en la adquisición de un puente grúa totalmente nuevo; incluye:

- Nueva estructura del puente y del transportador de polipastos.
- Nuevos sistemas de traslación del puente y del transportador de polipastos.
- Nuevos polipastos.
- Nuevo sistema eléctrico.
- Nuevo sistema de control.
- Nueva cabina.
- Reutilización de la infraestructura existente.

Costos estimados de nuevo equipo

Empresa KONE US\$ 571.000
Empresa ACECO US\$ 450.000
Tiempo de instalación 10 – 15 días.

Lo expuesto anteriormente se resume de la siguiente manera:

Tabla No. 7 - Precio de las opciones

ALTERNATIVA	VALOR ESTIMADO	VARIACIÓN	OBSERVACIONES
Repotenciación	\$ 430,000	--	SE RE-UTILIZA VIEJA ESTRUCTURA
Nuevo equipo	\$ 450,000	4.7%	INCLUYE NUEVA ESTRUCTURA

Con el propósito de evaluar económicamente las alternativas N° 1 y 2 descriptas anteriormente, se tomo en consideración el tiempo estimado de instalación y su costo para la empresa Ferrominera.

Tabla No. 8 – Tiempos de instalación

ALTERNATIVA N°	TIEMPO DE INSTALACIÓN	DIFERENCIA DEL TIEMPO ¹
1. Repotenciar el equipo	30 - 40 días	20 – 25 días
2. Reemplazo del equipo	10 – 15 días	-

Nota: 1. La diferencia de tiempo entre la alternativa N° 1 y 2.

Como se observa en el cuadro anterior, existe una diferencia en el tiempo de instalación que varía entre un rango de 20 a 25 días. Durante el periodo de instalación no se podrán voltear vagones en la estación de trituración primaria, por lo tanto es importante determinar el costo por efecto de la paralización de las actividades de volteo y trituración durante el periodo de instalación para cada alternativa.

En el siguiente cuadro se observa la cantidad de mineral fino y grueso, que sería producida durante el periodo de instalación del puente grúa.

Alternativa	Tiempo de instalación ¹	Cant. de vagones volteados ²	Cant. mineral Fino generado ³	Cant. mineral Grueso generado ³
Repotenciar el equipo	30	18.349	1.264.023	369.000
Reemplazar el equipo	10	6.116	421.341	123.000

Nota: 1. Para el cálculo se utilizó la menor cantidad de días de instalación para cada alternativa.

2. Se calculó considerando la cantidad de vag./día del Plan de producción 2005.

3. Se determinaron estas cantidades, considerando la generación de finos y gruesos de los vagones volteados de TEU y gruesos.

En el siguiente cuadro se puede observar la ganancia por concepto de ventas del mineral fino y grueso no producido, durante el periodo de instalación de cada alternativa.

Alternativa	Ganancia por venta del mineral (US\$)
Repotenciar el equipo	32.709.919
Reemplazar el equipo	10.903.306
Diferencia (US\$)	21.806.613

Como se pudo observar en el cuadro anterior la diferencia en el costo para Ferrominera entre repotenciar o reemplazar el puente grúa, es cercana a US\$ 21,8 millones, valor muy superior a la diferencia de costos estimados entre repotenciar el equipo y reemplazarlo de US\$ 21.000

Analizando Los flujos monetarios de cada opción, utilizando una tasa de descuento de 10 % tenemos:

OPCIÓN DE REPOTENCIAR - Tabla No. 9

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión	550,000										
Costos Mantenimiento		82,500	86,625	90,956	95,504	100,279	105,293	110,558	116,086		0
Depreciación (10 años)		55,000	55,000	55,000	55,000	55,000	55,000	55,000	55,000	55,000	55,000
Valor de Salvamento											0
TOTAL EGRESOS	550,000	137,500	141,625	145,956	150,504	155,279	160,293	165,558	171,086	55,000	55,000
Valor Actual de los Costos (VAC)	1,400,699										
Costo Anual Equivalente CAUE	227,957										
Tasa:	10%										

OPCIÓN EQUIPO NUEVO - Tabla No. 10

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión	571,000										
Costos Mtto		57,100	59,955	62,953	66,100	69,405	72,876	76,519	80,345	84,363	88,581
Depreciación (10 años)		57,100	57,100	57,100	57,100	57,100	57,100	57,100	57,100	57,100	57,100
Valor de Salvamento											0
TOTAL EGRESOS	571,000	114,200	117,055	120,053	123,200	126,505	129,976	133,619	137,445	141,463	145,681
Valor Actual de los Costos (VAC)	1,346,668										
Costo Anual Equivalente CAUE	219,164										
Tasa:	10%										

5 RESULTADOS DEL PROYECTO

REVISIÓN DE LOS OBJETIVOS

De lo expuesto en el capítulo anterior, se resume lo siguiente:

OBJETIVO No. 1

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL ACTUAL DEL EQUIPO EXISTENTE.

Los resultados de esta evaluación, utilizando las técnicas de:

- 1) Cálculo de la estructura existente;
- 2) Inspección con líquidos penetrantes para detección de grietas en perfiles, soldaduras, uniones;
- 3) Ultrasonido, para la medición de espesores de los principales miembros estructurales;
- 4) Topografía, para la verificación de cuadratura, nivelación y alineación de la estructura existente.

son claros en el sentido de que la estructura del equipo existente, está en buenas condiciones y que es por lo tanto perfectamente factible y seguro extender su uso por otros diez (10) o quince (15) años.

OBJETIVO No. 2

EVALUACIÓN DE LA OPCIÓN DE REPOTENCIACIÓN DEL EQUIPO.

Repotenciar el equipo existente significa reemplazar todos los sistemas operativos del equipo actual pero, manteniendo la misma estructura. Esta opción es perfectamente viable y el producto final de esta alternativa es un equipo nuevo desde el punto de vista funcional y más económico que un nuevo equipo; sin embargo hemos visto como el costo asociado al renglón “Instalación” de esta opción, es considerablemente más elevado que su contraparte en la alternativa de equipo nuevo; dentro del contexto de las variables de producción de la Planta de Procesamiento de Mineral de Hierro.

Repotenciar significa:

- 1) Desmantelar y desmontar todos los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos del equipo existente;
- 2) Acondicionamiento y adaptación de la estructura existente, para aceptar los nuevos componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos.
- 3) Montaje de los nuevos sistemas operativos, pruebas, ajustes y puesta en marcha.

A continuación se muestra un plan de ejecución estimado de las actividades de asociadas a la repotenciación del equipo existente.

Tabla No. 11 – Cronograma de ejecución opción repotenciar

		SEMANA 1							SEMANA 2							SEMANA 3							SEMANA 4							SEMANA 5							SEMANA 6																		
ACTIVIDAD	días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42												
DESMONTAJE DE SISTEMAS OPERATIVOS	4	█																																																					
ACONDICIONAR ESTRUCTURA	10			█																																																			
ADAPTACIÓN, INSTALACIÓN DE NUEVOS SISTEMAS OPERATIVOS	21															█																																							
PRUEBAS, AJUSTES, PUESTA EN MARCHA	7																																					█																	

OBJETIVO No. 3

EVALUACIÓN DE LA OPCIÓN DE ADQUISICIÓN DE UN NUEVO EQUIPO.

El costo de suministrar un nuevo equipo, es superior al de repotenciar un equipo existente en los términos que hemos descrito; sin embargo su instalación es más sencilla y se realiza en menor tiempo.

La instalación de un nuevo equipo requiere:

- 1) Demolición del equipo existente,
- 2) Montaje, ensamblaje en sitio de las secciones y/o componentes previamente pre-ensamblados del nuevo equipo.
- 3) Pruebas, ajustes, puesta en marcha.

Tabla No. 12 – Cronograma de ejecución opción nuevo equipo

		SEMANA 1							SEMANA 2							SEMANA 3							SEMANA 4																																					
ACTIVIDAD	días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28																															
DEMOLICIÓN DEL VIEJO EQUIPO	2	█																																																										
INSTALACIÓN, ENSAMBLAJE DEL NUEVO EQUIPO	10			█																																																								
PRUEBAS, AJUSTES, PUESTA EN MARCHA	3															█																																												

Es evidente que el “Tiempo de instalación” es la variable determinante en el proceso de selección de la alternativa más conveniente.

6 EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Hemos visto las razones que hacen que el proyecto de adquisición o modernización de la Grúa Puente de 75 ton, sea de importancia estratégica para la empresa CVG Ferrominera Orinoco.

Se han analizado las alternativas de solución disponibles (objetivos específicos del estudio) desde las perspectivas técnica y económica.

Se ha determinado que el equipo existente, esta estructuralmente en condiciones adecuadas Para hacer viable una repotenciación.

Se ha revisado el alcance y las implicaciones técnico-económicas tanto de de la opción de repotenciar como de la alternativa de reemplazo total del equipo.

Finalmente, se han explicado las razones económicas que inclinan la decisión hacia la alternativa de reemplazo total del equipo

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.6 CONCLUSIONES

Es estratégicamente imperativo reemplazar o acondicionar la Grúa Puente existente.

Del análisis anterior se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Alternativa No. 1 – Repotenciar**
Valor presente neto (*VPN*) = US\$ 1.400.699
Costo anual uniforme equivalente (*CAUE*) = US\$ 227.957

- **Alternativa No. 2 – Nuevo Equipo**
Valor presente neto (*VPN*) = US\$ 1.346.668
Costo anual uniforme equivalente (*CAUE*) = US\$ 219.164



4.7 RECOMENDACIONES

En función de los resultados obtenidos en el estudio se recomienda la alternativa No. 2, que consiste en la adquisición de un nuevo equipo.



BIBLIOGRAFIA

Hernandez Sampieri Roberto, Fernández Collado Carlos, Baptista Lucio Pilar (2004)
Metodología de la Investigación, Tercera Edición.

Mmannesmann Engineering (2000),
Operating intructions manual

Sapag Chain Nassir, Sapag Chain Reinaldo (2000)
Preparación y Evaluación de Proyectos, cuarta edición.

Universidad Católica Andrés Bello, (2005)
Guia Practica para la Elaboración del Trabajo Especial de Grado

www.asme.org
The American Society of Mechanical Engineers

www.arcat.com
Crane Manufacturers Association of America

www.mhia.org
Material Handling Industry of America