



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA

"ANTONIO JOSÉ DE SUCRE"

VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Práctica Profesional

Estandarización de los procesos de apilamiento mediante el Puente apilador PA-8007 y de recuperación mediante los recuperadores horizontales Plows FD-8010 A/B del mineral de hierro.

Elaborado por:

Br. Millaá Esteban

CI: E 82264181

Tutor Académico: MSc. Ing. Iván Turmero

Tutor Industrial: Ing. Isabel Alemán

Puerto Ordaz, julio de 2007.



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
Práctica Profesional

ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE APILAMIENTO
MEDIANTE EL PUENTE APILADOR PA-8007 Y DE RECUPERACIÓN
MEDIANTE LOS RECUPERADORES HORIZONTALES PLOWS FD-
8010 A/B DEL MINERAL DE HIERRO

Trabajo presentado ante el Departamento de Entrenamiento Industrial
de la UNEXPO Vicerrectorado Puerto Ordaz como requisito de la
aprobación de la PRACTICA PROFESIONAL.

Millaá, Esteban

MSc. Ing. Iván Turmero
Tutor Académico

Ing. Ysabel Alemán
Tutor Industrial

Puerto Ordaz, julio de 2007.

Millaá Fassi, Esteban H.
ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE
APILAMIENTO MEDIANTE EL PUENTE APILADOR
PA-8007 Y DE RECUPERACIÓN MEDIANTE LOS
RECUPERADORES HORIZONTALES PLOWS FD-
8010 A/B DEL MINERAL DE HIERRO. Puerto Ordaz,
Julio de 2007
138 Pág.
Practica Profesional.

Universidad Nacional Experimental Politécnica
"Antonio José de Sucre". Vicerrectorado Puerto Ordaz.
Departamento de Ingeniería Industrial. Departamento
de Entrenamiento Industrial.

Tutor Académico: MSc. Ing. Iván Turmero.
Tutor Industrial: Ing. Ysabel Alemán.

Bibliografía pág. 109
Anexos pág. 117

Capítulos: I Generalidades de la Empresa. II El
Problema. III Marco Teórico. IV Marco Metodológico.
V Análisis de Resultados. Conclusiones.

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
“ANTONIO JODE DE SUCRE”
VICERECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL
PRÁCTICA PROFESIONAL

ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE APILAMIENTO MEDIANTE EL PUENTE
APILADOR PA-8007 Y DE RECUPERACIÓN MEDIANTE LOS RECUPERADORES
HORIZONTALES PLOWS FD-8010 A/B DEL MINERAL DE HIERRO

Autor: Esteban H., Millaá Fassi
Tutor Académico: MSc. Ing. Iván Turmero
Tutor Industrial: Ing. Ysabel Alemán
Fecha: Julio 2007

RESUMEN

El departamento de ingeniería industrial, adscrito a la gerencia de ingeniería, tiene como tarea el cálculo y actualización de estándares tanto de operación, como de consumo de los diferentes procesos, equipos y componentes que se emplean en CVG FERROMINERA, para la explotación del mineral de hierro. Por ello se ha planteado como objetivo de este estudio el cálculo del rendimiento operativo estándar, tiempo estándar y análisis de demoras presentes en el proceso de apilamiento del mineral mediante el puente apilador PA-8007 y del proceso de recuperación de mineral mediante los recuperadores horizontales Plows FD-8010 A/B. El logro de estos objetivos se obtuvo mediante la utilización de técnicas estadísticas las cuales una vez realizado el muestreo en el área de operación de dichos equipos, fueron aplicadas para determinar los estándares propuestos, los cuales permitirán planificar y programar todas las operaciones de despacho e itinerarios de exportación del mineral de hierro. De igual manera se realizó un análisis de las demoras que afectan al proceso, mediante la realización de graficas de frecuencia, de Pareto, diagramas causa efecto. Lo cual permitirá conocer las oportunidades de mejora y servirá como punto de partida para el mejoramiento y optimización de dichos procesos.

PALABRAS CLAVES: Estándares, Muestreo, Rendimiento operativo estándar, Tiempo estándar, Análisis de demoras, Puente apilador PA-8007, Recuperadores horizontales Plows FD-8010 A/B

ÍNDICE GENERAL

	Pág
RESUMEN	IV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. Generalidades de la Empresa	2
1.1 Reseña Histórica	2
1.2 Ubicación geográfica	3
1.3 Visión	4
1.4 Misión	4
1.5 Valores	5
1.6 Certificación ISO 9000	5
1.7 Políticas de la empresa	5
1.7.1 Política Ambiental	5
1.7.2 Política Calidad	6
1.7.3 Política de Higiene y Seguridad Industrial I	7
1.8 Objetivos de la empresa	7
1.8.1 Objetivo general de la empresa	7
1.8.2 Objetivos específicos de la empresa	7
1.9 Función de la empresa	8
1.10 Descripción del Proceso Productivo	8
1.10.1 Prospección y Exploración	9
1.10.2 Geología y Planificación de Mina	10
1.10.3 Perforación y Voladura	12
1.10.4 Carga y Acarreo de Mineral	12

1.10.5 Transporte a Puerto Ordaz	13
1.10.6 Descarga y Trituración	13
1.10.7 Homogeneización y Recuperación	14
1.10.8 Cernido y Secado	14
1.10.9 Peletización	14
1.10.10 Despacho y Distribución	15
1.10.10.1 Internacional	15
1.10.10.2 Nacional	16
1.11 Productos	16
1.12 Estructura organizativa de la empresa	17
1.13 Descripción general de la gerencia de ingeniería	18
1.13.1 Departamento ingeniería industrial	19
1.13.1.1 Misión	19
1.13.1.2 Estructura Organizativa del Departamento de Ingeniería Industrial	19
1.13.1.3 Funciones del Departamento de Ingeniería Industrial	20
1.13.1.4 Funciones de la Sección de Costos y Estándares	21
1.13.1.5 Funciones de la Sección de Proyectos de Inversión	22
1.14 Identificación la Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro (PMH).	22
1.14.1 Descripción de los Departamentos de la Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro (PMH).	23
1.14.1.1 Superintendencia de Operaciones de P.M.H.	23
1.14.1.2 Superintendencia de Mantenimiento P.M.H.	26
1.14.1.3 Superintendencia de Planificación y Control de P.M.H	27
CAPÍTULO II. El Problema	28
2.1 Formulación del Problema	28

2.2 Delimitación	30
2.3 Limitaciones	30
2.4 Justificación	32
2.5 Objetivos	33
2.5.1 Objetivo General	33
2.5.2 Objetivos Específicos	33
CAPÍTULO III. Marco Teórico	34
3.1 Diagramas de procesos	34
3.1.1 Simbología utilizada en los medios gráficos	35
3.2 Diagrama De Operaciones De Proceso	36
3.2.1 Finalidad del diagrama de operaciones de proceso	37
3.2.2 Procedimiento básico para la construcción de un diagrama de operaciones de proceso	38
3.3 Diagrama De Flujo Del Proceso	39
3.3.1 Elaboración del diagrama de Flujo de Operaciones	40
3.4 Establecimiento de estándares.	42
3.4.1 Puntos Críticos y Estándares de Control.	43
3.5 Estudio de tiempo	43
3.5.1 Etapas del estudio de tiempo.	44
3.5.2 Estudio de tiempo con cronometraje	44
3.5.2.1 Método para la toma de tiempo con cronometraje	45
3.6 Estimación Estadística del número de Ciclos a estudiar.	46
3.7 Tiempo Estándar.	48
3.7.1 Tolerancia	49
3.7.1.2 Asignación de tolerancia	49
3.7.2 Demoras.	50
3.7.2.1 Demoras o retrasos Evitables.	50
3.7.2.2 Demoras o retrasos Inevitables	50

3.7.3 Tiempo Efectivo	50
3.7.4 Tiempo Normal	51
3.7.5 Tiempo promedio seleccionado	51
3.8 Diagrama de Pareto.	51
3.9 Diagrama causa-efecto.	52
3.9.1 Procedimiento para la elaboración de diagrama causa-efecto	52
CAPÍTULO IV. Marco Metodológico	54
4.1 Tipo de Estudio	54
4.2 Población	55
4.3 Muestra	55
4.4 Recursos	55
4.5 Procedimiento	56
4.5.1 Identificar los elementos a estudiar en las operaciones del Puente Apilador y de los recuperadores horizontales Plows.	56
4.5.2 Desarrollo de Formatos de Muestreo.	57
4.5.3 Toma de Tiempos y Registro de Datos	68
4.5.4 Identificar y clasificar las demoras que afectan el proceso al igual que todos los eventos que se consideraron relevantes para el estudio	57
4.5.5 Analizar las causas de las demoras apreciadas	58
4.5.6 Realizar los cálculos correspondientes para determinar el rendimiento operativo estándar de cada equipo.	58
CAPÍTULO V. Análisis de resultados	59
5.1 Situación actual	59
5.1.1 Descripción de proceso de recuperación de mineral de hierro mediante los Recuperadores Horizontales Plows FD- 8010 A/B	59
5.1.1.1 Diagrama de proceso recuperadores horizontales Plows	62

5.1.2 Descripción del proceso de Apilamiento del mineral de hierro mediante el Puente apilador	64
5.1.2.1 Diagrama de proceso puente apilador (desde FMC)	67
5.1.2.2 Diagrama de proceso puente apilador (desde multipropósito)	69
5.2 Cálculo del Tamaño de la Muestra	71
5.2.1 Determinación de Número de observaciones requeridas para el Puente Apilador cuando se recupera mineral desde el FMC:	71
5.2.2 Determinación de Número de observaciones requeridas para el Puente Apilador cuando se recupera mineral desde la fosa multipropósito	73
5.2.3 Determinación de Número de observaciones requeridas para los recuperadores horizontales Plows	75
5.3 Calificación de velocidad	77
5.4 Calculo del Rendimiento normal	78
5.5 Cálculo de tolerancias	79
5.6 Análisis de demoras	79
5.6.1 Puente Apilador (desde FMC)	80
5.6.2 Puente apilador (desde multipropósito)	87
5.6.3 Recuperadores Horizontales Plows	95
5.7 CALCULO DEL RENDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR	102
CONCLUSIONES	104
RECOMENDACIONES	107
BIBLIOGRAFÍA	109

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA		Pág
1	Tiempos del puente apilador (desde FMC)	81
2	Tipos de demora puente apilador (desde FMC)	82
3	Demoras Evitables puente apilador (desde FMC)	83
4	Diagrama causa-efecto demoras evitables puente apilador (desde FMC)	84
5	Demoras Inevitables puente apilador (desde FMC)	86
6	Tiempos del puente apilador (desde multipropósito)	88
7	Tipos de demora puente apilador (desde multipropósito)	89
8	Demoras Evitables puente apilador (desde multipropósito)	90
9	Diagrama causa-efecto demoras evitables puente apilador(desde multipropósito)	91
10	Demoras Inevitables puente apilador (desde multipropósito)	93
11	Tiempos de recuperadores horizontales Plows	96
12	Tipos de demora recuperadores horizontales Plows	97
13	Demoras Evitables recuperadores horizontales Plows	98
14	Diagrama causa-efecto demoras evitables recuperadores horizontales Plows	99
15	Demoras Inevitables recuperadores horizontales Plows	100

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		Pág
1	Ubicación Geográfica de la empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco, C.A.	4
2	Estructura Organizativa de C.V.G. Ferrominera Orinoco. C. A	18

3	Estructura Organizativa de la Gerencia de Ingeniería	20
4	Estructura organizativa de la superintendencia de operaciones adscrita a la gerencia de PHM	25

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		Pág
1	Demoras clasificadas resultantes del muestreo del proceso de apilamiento mediante el puente apilador (desde FMC)	80
2	Composición del tiempo del proceso de apilamiento mediante el puente apilador (desde FMC)	81
3	Demoras por tipo presentes en el proceso de apilamiento del MH mediante el puente apilador (desde FMC)	82
4	Demoras clasificadas resultantes del muestreo del proceso de apilamiento mediante el puente apilador (desde multipropósito)	87
5	Composición del tiempo del proceso de apilamiento mediante el puente apilador (desde multipropósito)	88
6	Demoras por tipo presentes en el proceso de apilamiento del MH mediante el puente apilador (desde multipropósito)	89
7	Demoras clasificadas resultantes del muestreo del proceso de recuperación del mineral de hierro mediante los recuperadores horizontales Plows	95
8	Composición del tiempo del proceso de recuperación del MH mediante los Plows	96
9	Demoras por tipo presentes en el proceso de recuperación del MH mediante los Plows	97

ÍNDICE DE APÉNDICES

APÉNDICE		Pág
A	Formato de Muestreo del puente apilador (recuperación desde FMC)	111
B	Formato de Muestreo del puente apilador (recuperación desde fosa multipropósito)	112
C	Formato de muestreo de recuperadores horizontales Plows	114

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		Pág
1	Equipo Recuperador horizontal Plow 2	117
2	Túnel B y plataforma donde el mineral se deposita por gravedad	117
3	Correa JD-8010 A	118
4	Plancha de acero de límites de recorrido del plow	118
5	Puente apilador	119
6	Riel de desplazamiento del puente apilador	119
7	Recuperado FMC	120
8	Tablero de control del puente apilador	120
9	Correa JD-8006	121

10	Fosa multipropósito	121
11	Tolva multipropósito	122
12	Feeder de tolva multipropósito	122
13	Correa JD-8040	123
14	Corre JD-8041 y balanza 8041	123
15	Tabla t-student	124



INTRODUCCIÓN

CVG Ferrominera Orinoco C.A, es una empresa del estado venezolano que tiene como responsabilidad extraer y suministrar mineral de hierro con los objetivos de calidad exigidos, precios competitivos y en oportunidad requerida para lograr entera satisfacción de los clientes tanto nacionales como internacionales.

El Departamento de Ingeniería Industrial conjuntamente con la Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro (PMH), con la finalidad de mejorar sus procesos de producción están realizando estudios de tiempos en el que incluyen la determinación del tiempo estándar de los recuperadores y apiladores de la planta PMH.

El presente estudio tiene la finalidad de determinar el tiempo estándar del Recuperador Horizontal Plows FD 8010 A/B y el Puente Apilador PA-8007 para mejorar el proceso de transferencia y carga de mineral para sus despachos internacionales en el Procesamiento de Mineral de Hierro.

La empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco, C.A, se ve obligada a mejorar y optimizar sus procesos de producción debido a la situación que vienen presentando las empresas en cuanto a producción, venta de productos y para mantenerse competitiva en la Industria de Mineral de Hierro.



CAPÍTULO I

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1 RESEÑA HISTÓRICA

En Venezuela, específicamente en la región Guayana, la primera evidencia sobre la explotación del hierro se remonta a la época de la colonia cuando alrededor del año 1743, misioneros capuchinos (Catalanes), lo explotaron en la serranía de Santa Rosa, al suroeste de Upata, quedando algunos vestigios cerca de Ciudad Bolívar, conocidos como Minas del Nuevo Mundo. Esto acaeció justamente cuando en Europa se iniciaba la revolución industrial. En contraposición, a mediados del siglo XX, el mineral de hierro fue extraído con métodos modernos y nueva tecnología alimentando primeramente los altos hornos de E.U.A. y luego la acería de la Siderúrgica del Orinoco (SIDOR), en Venezuela.

El 4 de abril de 1947, fueron descubiertos y otorgados, a entidades foráneas (Empresas Explotadoras Norteamericanas), yacimientos ubicados en el norte del Estado Bolívar, específicamente en la población de Ciudad Piar, conocida como “Cerro La Parida” (actualmente Cerro Bolívar), los cuales fueron desarrollados comercialmente por la Orinoco Mining Company, subsidiarias de la United States Corporation, a partir de 1954. Estas empresas tenían a su cargo las operaciones de la industria del hierro hasta que se produjo la Nacionalización.

El 1 de enero de 1975, el Estado Venezolano en uso de su soberanía nacionaliza la industria extractiva del hierro, apoyándose en el artículo 97 de la Constitución Nacional el cual dispone que “el Estado podrá reservarse determinadas industrias, explotaciones o servicios de interés público por



razones de conveniencia nacional”. Desde este momento el Estado, a través de la Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G), asume el control directo para dirigir esta industria. Para marcar esta fecha el Presidente de la República, Carlos Andrés Pérez, iza el Pabellón Nacional en la cumbre del Cerro Bolívar en Ciudad Piar.

El 3 de enero del mismo año, zarpa de la ciudad de Puerto Ordaz el Buque “Tyne Ore” cargado con 17.417 toneladas de mineral con destino a Birkinhead – Inglaterra, primer embarque de hierro después de la Nacionalización. Se da inicio al año de la transición y la responsable de la administración de la industria es la Corporación Venezolana de Guayana (C.V.G). Posteriormente, el 24 de agosto de 1989 en Puerto Ordaz, fue firmado el contrato de construcción de la Planta de Pellas de C.V.G. FERROMINERA ORINOCO C.A. mediante una inversión de 210 millones de dólares.

Para el año 1990, con la asistencia del Presidente de la República Carlos Andrés Pérez, fue reinaugurada la Planta Minerales Ordaz, C.A. (Minorca); el 2 de febrero del mismo año mediante una inversión de 110 millones de dólares, la empresa Operaciones al Sur del Orinoco (OPCO), subsidiaria venezolana de Kobe Steel, toma a su cargo las operaciones de la planta.

1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

Actualmente se encuentra ubicada en Venezuela (América del Sur), específicamente en el Estado Bolívar (ver figura 1). Cuenta con dos centros de operaciones, Ciudad Piar donde se encuentran los principales

yacimientos de mineral de hierro; y Puerto Ordaz donde se encuentran las plantas de procesamiento de mineral de hierro, muelles y oficinas principales.

Figura 1: Ubicación Geográfica de la empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco, C.A.



1.3 VISIÓN

Ser una empresa que satisface y responde oportunamente a las necesidades del mercado siderúrgico mundial, creando valor para el accionista, calidad de vida para sus trabajadores y bienestar para la comunidad.

1.4 MISIÓN

CVG Ferrominera Orinoco, empresa del Estado venezolano, tiene como."



responsabilidad la explotación de la industria del mineral de hierro y derivados con productividad, calidad y competitividad, de forma sostenible y sustentable, para abastecer oportuna y suficientemente a la industria siderúrgica nacional, así como a aquellos mercados internacionales que resulten económicos y estratégicamente atractivos, garantizando la rentabilidad de la empresa y contribuyendo al desarrollo económico del país.

1.5 VALORES

Nuestra empresa se encuentra comprometida con los siguientes principios y valores corporativos: Trabajo, Calidad, Competitividad, Responsabilidad y Disciplina, Honestidad, Ética, Respeto.

1.6 CERTIFICACIÓN ISO 9000

CVG Ferrominera ha establecido y mantiene un Sistema de Gestión de la Calidad acorde con los requerimientos contemplados en la Norma Venezolana Covenin ISO 9000. La certificación obtenida abarca todos los procesos de la empresa.

1.7 POLÍTICAS DE LA EMPRESA.

1.7.1 Política Ambiental

Es política de Ferrominera Orinoco preservar el medio ambiente, cumpliendo la legislación y regulaciones vigentes, en procura de un equilibrio entre sus operaciones y el ambiente que le rodea.



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. Reconoce que la preservación del medio ambiente es una necesidad básica y por ello asume los siguientes compromisos:

- Extraer, procesar y suministrar mineral de hierro con un desempeño responsable, cumpliendo con la legislación ambiental y regulaciones vigentes, que permitan el equilibrio entre sus operaciones y el ambiente.
- Concientizar al personal de la organización para que adopte prácticas compatibles con la prevención de la contaminación, mejorando continuamente, a través de la implantación del sistema de gestión ambiental basado en los requerimientos de la Norma COVENIN-ISO 14001.

1.7.2 Política de Calidad

Nuestra política es extraer procesar y suministrar mineral de hierro, cumpliendo los requisitos acordados con nuestros clientes y mejorando continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad de la organización.



1.7.3 Política de Higiene y Seguridad Industrial

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.

1.8 OBJETIVOS DE LA EMPRESA

1.8.1 Objetivo General

- Extraer, procesar y suministrar mineral de hierro al mercado nacional y de exportación.

1.8.2 Objetivos Específicos:

- Adquirir el control pleno de la industria extractiva de mineral de hierro.
- Asegurar un nivel de precios satisfactorio a los intereses de la empresa.



- Explorar, explotar, extraer y procesar el mineral de hierro de todos los yacimientos, con el mejor provecho de los recursos naturales existentes.
- Garantizar los volúmenes de producción y suministro del mineral de hierro, requerido en el mercado nacional.
- Satisfacer los requerimientos del mercado en el ámbito nacional SIDOR, Orinoco Iron, Matesi, Toppca, Comsigua, Venprecar de Venezuela, a algunas plantas de Cementos y al mercado Norteamericano, Europeo y Asiático.
- Minimizar los efectos negativos que causen los procesos productivos al ambiente.

1.9 FUNCIÓN DE LA EMPRESA.

C.V.G. Ferrominera Orinoco, C.A., empresa del Estado Venezolano, tiene como responsabilidad la explotación de la industria del mineral de hierro y derivados con productividad, calidad y competitividad, de forma sostenible y sustentable, para abastecer oportuna y suficientemente a la industria Siderúrgica Nacional y aquellos mercados internacionales que resulten económicos y estratégicamente atractivos, garantizando la rentabilidad de la empresa y contribuyendo al desarrollo económico del país.

1.10 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

La minería y producción de hierro cumplen un proceso de ocho pasos, para la obtención de mineral comerciable. Los dos últimos pasos, han sido incorporados con la finalidad de agregar valor al mineral, enriqueciéndolo al



aumentar su contenido de hierro metálico, haciéndolo así más competitivo en el mercado.

En la página 18 se muestra el diagrama que constituye una síntesis del proceso cumplido en la producción de mineral de hierro, de acuerdo con el esquema de trabajo utilizado por CVG Ferrominera:

1.10.1 Prospección y Exploración

El paso inicial en la explotación del mineral de hierro consiste en la prospección y exploración de los yacimientos, con el propósito de conocer sus características, principalmente cuantitativas y cualitativas, así como para estudiar los aspectos técnicos y económicos que determinarán la factibilidad de su aprovechamiento. A este fin, se utilizan herramientas que van desde la exploración de campo y estudio de los mantos por medio de perforaciones, hasta la información obtenible a través de aerofotografías y satélites. Como resultado, se elaboran planes de aprovechamiento que permiten administrar en forma óptima el recurso que constituye el mineral de hierro.

En Venezuela, los principales yacimientos de mineral de hierro se encuentran ubicados en el Complejo Imataca del Escudo Guayanés, a los que se le han calculado edades entre 2.000 y 3.400 millones de años. Se trata de una secuencia de sedimentos de más de 4.000 m. de espesor, constituida por cuarcitas ferruginosas, que por su mayor resistencia a la erosión forman serranías alargadas y arqueadas. El Complejo Imataca tiene la forma de una faja de 500 kilómetros de longitud por 200 kilómetros de ancho.



1.10.2 Geología y Planificación de Mina

Para la producción de cada tonelada de mineral de hierro, se hace necesario llevar a cabo actividades de muy variada índole, que tienen como objetivo la elaboración de un plan de trabajo, tanto a corto como a largo plazo. El conocimiento geológico de superficie, el muestreo minucioso de los frentes de arranque, el análisis e interpretación de las perforaciones exploratorias y voladuras, entre otras, son fuentes generadoras de información que permiten determinar con precisión la forma, dimensión y estructura del cuerpo mineralizado.

Los planos geológicos del yacimiento son producto de la compaginación sistemática de toda esa información. En ellos se identifican los contactos del mineral con el escombro y el mineral de bajo tenor. La elaboración de secciones geológicas, tanto verticales como horizontales, y su actualización periódica, tienen especial relevancia en el conocimiento de las características particulares del yacimiento.

La diversidad de tipos de minerales que conforman nuestros yacimientos, clasificados de acuerdo con sus propiedades físicas y químicas, hacen necesario, por razones de control de calidad y de planificación, mantener un inventario preciso de los volúmenes disponibles de los diferentes tipos de mineral, así como su localización dentro del yacimiento.

De acuerdo con las más recientes estimaciones, las reservas probadas de mineral de hierro de alto tenor (63% Fe en promedio), alcanzan los 1,7 millardos de toneladas, y 2,5 millardos de bajo tenor (41% Fe en promedio). En adición a estas cifras, se deben considerar reservas probables y posibles de 10 millardos de toneladas, tanto de alto como de bajo tenor.



las actividades de planificación a largo plazo, se determinan las formas de los yacimientos, cubicación de sus reservas, cálculos de tenor, diseño detallado de los planes de extracción y transporte del mineral y del escombro, estudio de las especificaciones de los equipos requeridos para la explotación, y estudios de cada uno de estos proyectos.

Los planes a largo plazo resultantes tienen como objetivo lograr la máxima recuperación del mineral comerciable, al menor costo posible, y de acuerdo con normas básicas de ingeniería y minería.

En la planificación a corto plazo, se preparan y replantean los planes de explotación bimensuales, que rigen la explotación rutinaria de los yacimientos. Se determinan los bloques o áreas de explotación, así como las labores de desarrollo, distribución de los equipos, los programas de perforaciones para voladuras, el diseño y replanteo de las vías férreas y trabajos de topografía requeridos.

En la explotación y desarrollo de los yacimientos se emplean equipos de computación que permiten controlar los costos de producción, rendimiento de inversiones y calidad de la mena producida. Para la cubicación de las reservas, de sus tenores y de los límites de explotación, de acuerdo con los cortes de extracción y principios básicos de explotación, se desarrollan modelos matemáticos y se efectúa una programación para la evaluación de métodos alternativos de explotación y acarreo.

Todo el proceso va acompañado de un estricto control de calidad, que permite garantizar que la producción de la mena se sitúe dentro de las especificaciones acordadas con los clientes. Estas actividades se llevan a cabo en la mina, así como en el nivel de recuperación en Puerto Ordaz, en el



momento de cargar el buque que transportará el mineral hasta su destino. Para cada embarque, se hace el correspondiente análisis total del hierro, sílice, alúmina, fósforo y pérdida al rojo. Los otros elementos como manganeso, azufre, calcio, magnesio, titanio y otros, que se encuentran en cantidades pequeñas, sólo se analizan en caso necesario.

La explotación de las minas, que en el inicio se concentró en El Pao y Cerro Bolívar, se ha ampliado al oeste del río Caroní para incluir los yacimientos de San Isidro, Los Barrancos y Las Pailas. El tipo de explotación que se lleva a cabo es a cielo abierto.

1.10.3 Perforación y Voladura

Las operaciones de extracción de mineral de hierro en nuestros yacimientos se inician con las perforaciones para las voladuras. Para esta operación se cuenta con taladros eléctricos rotativos, que pueden perforar con diámetros de hasta 55 cm, a profundidades de hasta 18 metros.

El número de perforaciones en el área mineralizada depende del tonelaje que se necesite producir. El explosivo utilizado es una mezcla de nitrato de amonio con gasoil.

1.10.4 Carga y Acarreo de Mineral

Una vez que el mineral es fracturado, por efecto de la voladura, es removido por palas eléctricas desde los frentes de producción. Las palas cuentan con baldes de 10 Y 14 cada uno. Se usan adicionalmente cargadores frontales con capacidad de 12,5 y 19,5 cada uno.



Para el acarreo del mineral de los frentes de producción hasta la plataforma o andenes de carga con capacidad para 35 vagones se utilizan camiones de 90, 170 Y 180 toneladas.

1.10.5 Transporte a Puerto Ordaz

Los grupos de vagones, una vez cargados en los frentes de producción, son llevados al patio de ferrocarril, donde se realizan los acoples hasta formar trenes de 125 vagones.

Para el traslado del mineral a Puerto Ordaz, a 140 kilómetros de distancia, los trenes son remolcados por locomotoras diesel eléctricas, de 4.000 HP.

El itinerario de los trenes se ajusta de acuerdo con los planes de producción. Por ejemplo, a un ritmo de producción de 22 millones de toneladas por año, es necesario movilizar seis trenes diarios, seis días por semana.

1.10.6 Descarga y Trituración

Al llegar a Puerto Ordaz, los trenes son seccionados en grupos de 15 vagones; posteriormente, cada vagón es vaciado mediante un volteador con capacidad para 60 vagones por hora.

La trituración o molienda consiste en reducir el mineral al tamaño requerido de 3,2 cm. Este proceso se inicia en el molino primario, ubicado 30



metros por debajo del volteador de vagones, donde se reduce el tamaño a un máximo de 20 cm; luego una correa transportadora lleva el mineral al molino secundario donde se reduce el tamaño máximo a 10 cm. Asimismo, el molino terciario tritura el mineral hasta un máximo de 3,2 cm.

1.10.7 Homogeneización y Recuperación

El mineral luego es transportado hasta el apilador que lo deposita en camadas para conformar una pila de material homogeneizado, física y químicamente, de acuerdo con la calidad exigida.

Las pilas de almacenamiento de mineral se encuentran distribuidas de la siguiente forma: pila norte, mineral fino; pila sur, mineral fino y grueso; y pila principal donde se recopilan finos y pellas. La capacidad de almacenamiento es de 2,6 millones de toneladas.

1.10.8 Cernido y Secado

El mineral recuperado es elevado a la estación de cernido, con capacidad de 6.000 t/h, en la cual se separa el mineral fino (3/8" x 0") del mineral grueso (1 1/4" x 3/8"). Posteriormente, el material es procesado en la planta de secado, con una capacidad de 850 t/h, donde se reduce la humedad del mineral a menos del 6%.

1.10.9 Peletización

Con la finalidad de agregar valor al mineral de hierro venezolano, CVG Ferrominera inició en 1991 la construcción de una Planta de Pellas, que opera satisfactoriamente desde su puesta en operación en 1994.



La pella es un aglomerado de mineral de hierro, de forma esférica, de tamaño variable entre 10-16 mm, que utiliza un aglomerante (cal o bentonita), y cuyo contenido de hierro total es de 67%. Constituye el principal insumo de las plantas de reducción directa, donde contribuye a la disminución del volumen de chatarra requerido para la fabricación del acero, utilizándose igualmente en la alimentación de altos hornos siderúrgicos.

La Planta de Pellas de CVG Ferrominera, ubicada en el Parque Industrial Minorca de Ciudad Guayana, tiene capacidad para producir 3,3 millones de toneladas anuales, a un ritmo de 10.000 toneladas diarias.

Fue diseñada para admitir expansión modular, previéndose su próxima ampliación para elevar su capacidad hasta 6,6 millones de toneladas.

1.10.10 DESPACHO Y DISTRIBUCIÓN

1.10.10.1 Internacional

El mineral destinado para la comercialización se encuentra en las pilas de almacenamiento en los muelles de Puerto Ordaz y Palúa y en la estación de transferencia en Punta Barima. Su embarque se realiza por medio de un recuperador de cangilones con una capacidad de 5000 ton/h y correas transportadoras. El mineral pasa por la casa de muestras donde cada 4000 toneladas se hacen análisis tanto físicos como químicos. Luego el mineral pasa por una romana incorporada a los rodillos de la correa transportadora, la cual permite registrar la cantidad de mineral despachada.



1.10.10.2 Nacional

C.V.G. FERROMINERA ORINOCO C.A. suministra mineral de hierro a Sidor, Fior, Venprecar, Opco, Fesilven y Planta de Pellas Ferrominera (P.P.F.M.O). En el caso de Sidor, el proceso de transporte comienza desde el momento que un sistema de tolvas va llenando los vagones tipo tolva hasta completar un tren de 65 vagones, que posteriormente recorre 16 kilómetros hasta su destino de descarga en las fosas de la Planta Sidor. Otra vía para el suministro del mineral es el uso de camiones de 40 toneladas, los cuales van siendo llenados con una pala eléctrica y al final pasan por una romana que controla la cantidad de mineral despachado. Generalmente éste es el método empleado para Fior y Fesilven el cual va a ser reemplazado una vez que entre en operación Orinoco Iron.

1.11 PRODUCTOS

C.V.G. FERROMINERA ORINOCO C.A. explota y procesa mineral de hierro venezolano de alto tenor (de 58 a 66% de hierro natural), suministrando a la industria del acero sus productos finos naturales y mineral grueso para fabricar pellas, las cuales son producidas en su moderna planta con una capacidad efectiva de 3.3 millones de toneladas. Para ello, cuenta con una capacidad de producción instalada de 15 millones de toneladas por año (15 Kt Puerto Ordaz), la cual se aumentará, dependiendo de las exigencias del mercado siderúrgico, hasta un máximo de 25 Kt/año. La materia prima la constituye el mineral que se extrae de los cerros San Isidro y Las Pailas. Una vez procesados se obtienen los siguientes productos:

- **FCB: Finos Cerro Bolívar**



- **FSI: Finos San Isidro**
- **FPF: Finos Naturales Ferrominera**
- **GSI: Grueso San Isidro**
- **GCB: Grueso Cerro Bolívar**
- **GSIL: Grueso San Isidro Lavado**
- **GCBL: Grueso Cerro Bolívar Lavado**
- **FSIL: Fino San Isidro Lavado**
- **FCBL: Fino Cerro Bolívar Lavado**

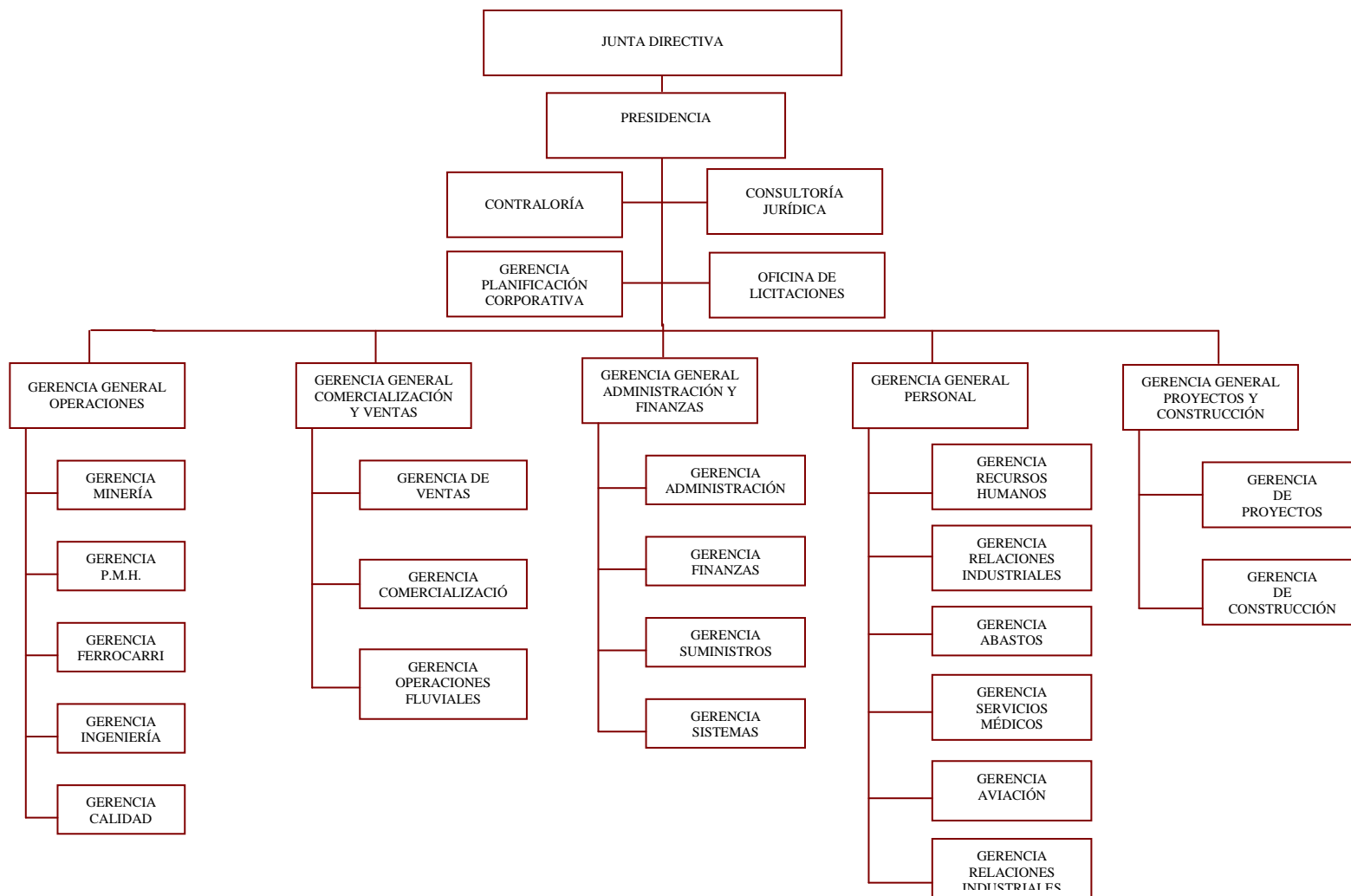
1.12 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA EMPRESA

C.V.G. FERROMINERA ORINOCO C.A., cuenta con un personal gerencial, técnico y obrero, que está por el orden de las 3.700 personas y una estructura organizativa conformada por Gerencias Generales, Gerencias Operativas y Administrativas.

Con el fin de asegurar el logro de sus objetivos, C.V.G. FERROMINERA ORINOCO. C.A., cuenta con una (1) Junta Directiva, una (1) Presidencia, cinco (5) Gerencias Generales, y veinte (20) Gerencias Operativas, Administrativas y de Apoyo. En la Figura N° 2 se muestra la estructura organizativa de la empresa.



Figura Nº 2. Estructura Organizativa de C.V.G. Ferrominera Orinoco. C. A





1.13 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA GERENCIA DE INGENIERÍA

La Gerencia de Ingeniería se encarga de garantizar la ejecución de las actividades de proyectos de inversión operativa, desarrollo de optimización de procesos operativos, determinación de estándares, prestación de servicio de mantenimiento a los equipos y redes de radiotelefonía, alimentación electrónica, así como la flota de transporte local.

1.13.1 Departamento de Ingeniería Industrial

La empresa C. V. G. FERROMINERA ORINOCO C. A. cuenta con un Departamento de Ingeniería Industrial que presta asesoría y servicios a las operaciones que realiza la empresa. El mismo está adscrito a la Gerencia de Ingeniería y ésta a su vez a la Gerencia General de Operaciones.

1.13.1.1 Misión

Asegurar que los planes y programas de costos, proyectos de inversión y la administración de los planes de producción se ejecuten en las mejores condiciones de calidad, oportunidad y cantidad.

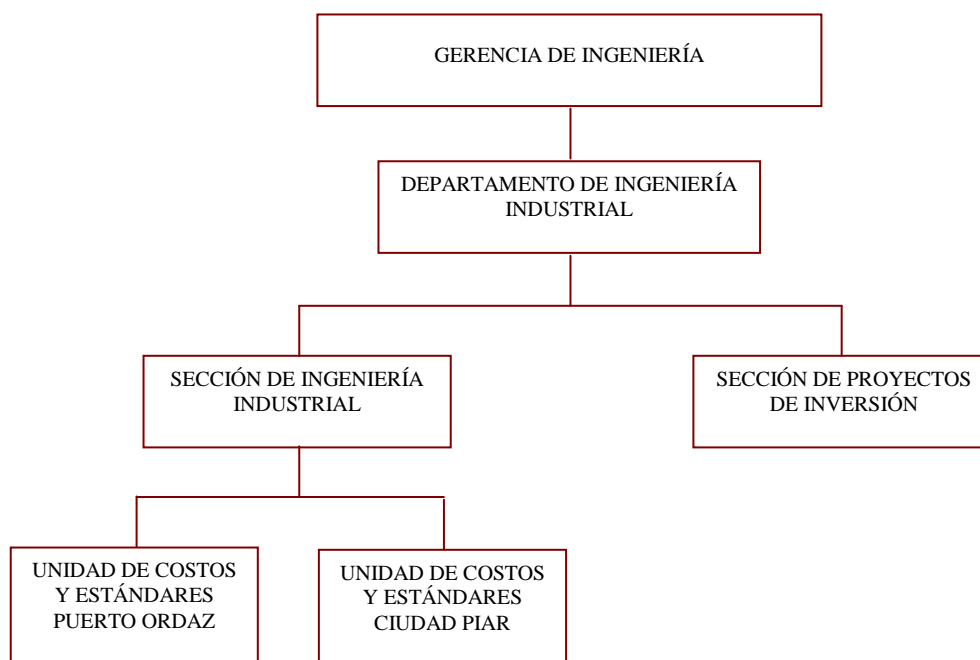
1.13.1.2 Estructura Organizativa del Departamento de Ingeniería Industrial

En la actualidad cuenta con un Jefe de Departamento, dos Jefes de Sección, dos Secretarías Ejecutivas, ocho Ingenieros de Costos, tres Ingenieros de



Inversiones, un Técnico de Inversiones, un Analista de costos y dos Analistas de Control de Activos. Los mismos están distribuidos en dos secciones, la Sección de Costos y Estándares y la Sección de Proyectos de Inversión. En la Figura N° 3, se muestra la Estructura Organizativa del Departamento de Ingeniería Industrial.

Figura N° 3. Estructura Organizativa de la Gerencia de Ingeniería



1.13.1.3 Funciones del Departamento de Ingeniería Industrial

- Supervisar y coordinar la actualización y mantenimiento del sistema de costos y estándar de la empresa, a fin de disponer de herramientas que permita a todos los niveles planificar, medir y controlar los costos en que se incurren.



- Supervisar y controlar la actualización de los estándares operativos y de consumo de materiales, a fin de que sirvan de patrón referencial para la toma de acciones correctivas.
- Supervisar y controlar la actualización de los estándares del sistema de costos, a fin de determinar el presupuesto estándar para cada ejercicio económico a regir en los centros de costos de la Empresa.
- Revisar y coordinar los estudios de fuerza laboral que permitan disponer del recurso humano requerido en las áreas funcionales de la Empresa.
- Evaluar los proyectos técnicos – económicos a fin de asesorar y asistir a las áreas operativas en la toma de decisiones.
- Coordinar y supervisar la ejecución de los planes de producción y los informes derivados para detectar desviaciones de los programas y tomar acciones correctivas pertinentes.
- Supervisar y verificar que se cumpla la adaptación y mantenimiento del sistema de la calidad de acuerdo a las especificaciones establecidas con la NORMA COVENIN ISO 9002.

1.13.1.4 Funciones de la Sección de Costos y Estándares:

- Optimizar procesos productivos y administrativos.
- Fortalecer y actualizar el sistema de costos de la empresa.
- Establecer y actualizar estándares de producción y consumo de materiales.
- Desarrollar estudios de fuerza laboral.
- Elaborar el plan de producción.
- Administrar la producción.
- Evaluar proyectos.



- Analizar, desarrollar y mantener los sistemas de información de apoyo a la sección y a las áreas operativas.

1.13.1.5 Funciones de la Sección de Proyectos de Inversión:

- Elaborar el plan de inversión de la empresa.
- Planificar y controlar los proyectos de inversión (físico y presupuestario). Procesar requisiciones, facturas y validación de obra.
- Elaborar estudios económicos.
- Mantener actualizado el sistema de activos fijos de la empresa (inclusión y desincorporación).
- Realizar evalúo de equipos desincorporados para la venta.
- Analizar, desarrollar y mantener los sistemas de información de apoyo a la sección.
- Participar en el proceso licitatorio (especificaciones, análisis de oferta).

1.14 IDENTIFICACIÓN LA GERENCIA DE PROCESAMIENTO DE MINERAL DE HIERRO (PMH).

En la Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro (P.M.H) se llevan a cabo los procesos productivos de trituración, homogeneización y recuperación del mineral, dividiéndose en las siguientes áreas:

- Volteo, trituración y apilamiento.



- Recuperación y planta de secado.
- Despacho.

1.14.1 Descripción de los Departamentos de la Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro (PMH).

1.14.1.1 Superintendencia de Operaciones de P.M.H.

En la figura N° 4 se observa la estructura organizativa de la superintendencia de operaciones adscrita a la gerencia de PHM

Propósito: Administrar y ejecutar las actividades que se permitan cumplir con los programas de producción establecidos por la Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro, en las áreas de volteo, trituración, recuperación, clasificación apilamiento y despacho de barcos, a fin de obtener productos que cumplan con los requisitos de calidad, oportunidad y condiciones de costos requeridos.

Funciones Principales:

- Participar en la elaboración de planes y programas de las áreas de volteo, trituración, recuperación y despacho de mineral, según las normas establecidas.
- Establecer y mantener mecanismos de control de producción que permitan evaluar el comportamiento del proceso productivo y tomar

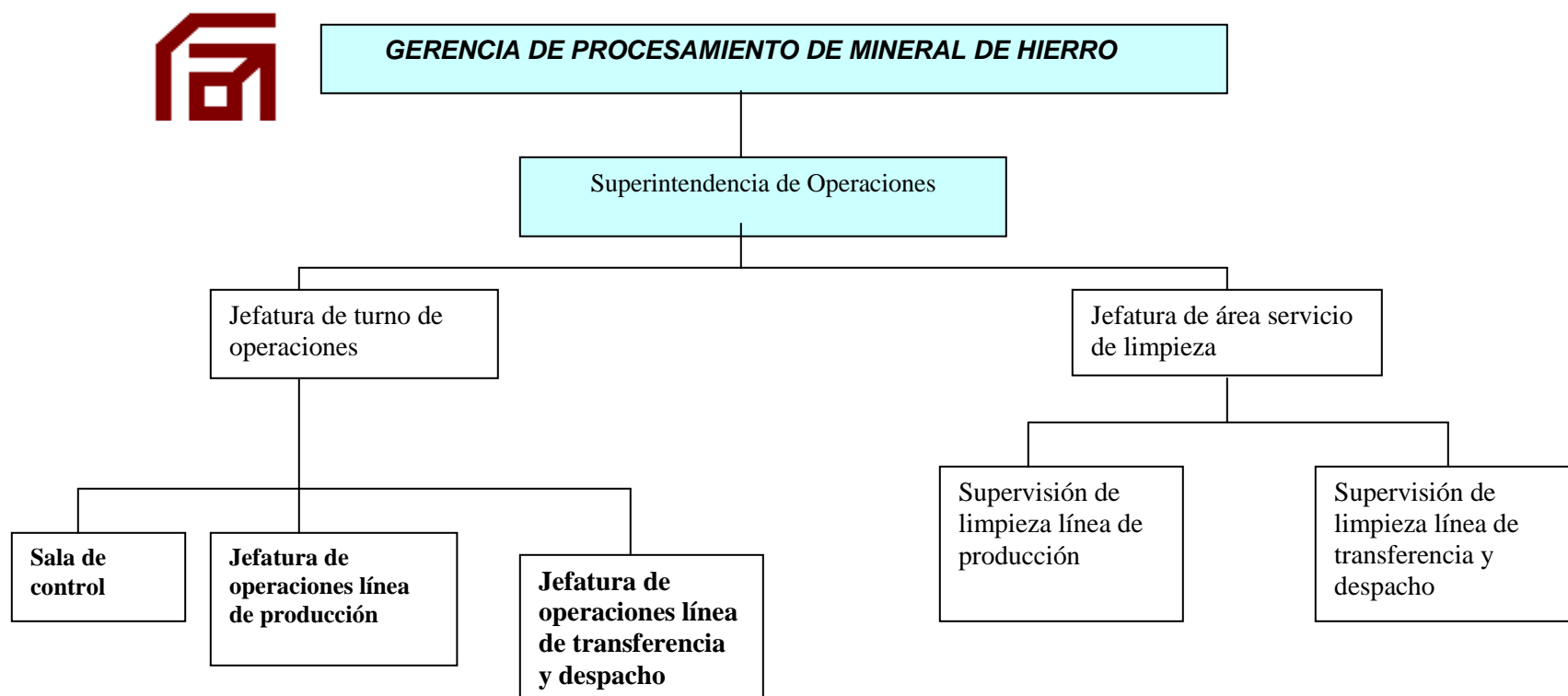


las acciones necesarias para el cumplimiento de los planes y programas.

- Establecer las estrategias y acciones necesarias que permitan la recuperación y clasificación de la chatarra y minerales no conformes generadas en las áreas productivas de la unidad a fin de asegurar su mejor uso y rendimiento.
- Coordinar con SIDOR, FIOR, VENPRECAR y OPCO las actividades necesarias para lograr el fiel cumplimiento del suministro de mineral de hierro.



Figura N° 4 Estructura organizativa de la superintendencia de operaciones adscrita a la gerencia de PHM





1.14.1.2 Superintendencia de Mantenimiento P.M.H.

Propósito: Asegurar la continuidad, funcionalidad, disponibilidad y eficiencia operativa de los equipos eléctricos, mecánicos y de instrumentación y de los sistemas e instalaciones, a fin de alcanzar las metas de producción, a través del cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo y correctivo dentro de los parámetros establecidos.

Funciones Principales:

- Elaborar los planes y programas de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos e instalaciones eléctricas, mecánicas e instrumentación y asegurar el cumplimiento de los mismos.
- Elaborar y ejecutar los planes y programas de paradas mayores, gestionando la disposición de recursos financieros, técnicos, materiales y humanos necesarios.
- Llevar el control estadístico de mantenimiento a fin de tomar las decisiones y acciones que permitan prevenir o corregir las fallas, demoras o desviaciones.
- Controlar y evaluar la ejecución del mantenimiento de los sistemas, equipos e instalaciones realizados por entes externos
- Participar con la Gerencia de Ingeniería en la elaboración de las especificaciones de mantenimientos de los proyectos a desarrollar.



1.14.1.3 Superintendencia de Planificación y Control de P.M.H

Propósito: Asesorar y asistir a la Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro y demás unidades de adscripción en la planificación y control de las actividades relacionadas con los planes y programas de producción, mantenimiento, logística interna, contratación de obras y servicio, proyectos de mejoras operativas; además de servir de canal para apoyar las decisiones de la gerencia en el logro de las metas establecidas.

Funciones Principales:

- Participar en la elaboración de los planes y programas de operación y mantenimiento e implementar su seguimiento y control.
- Elaborar las programaciones de requerimientos de insumos, materiales y repuestos.
- Evaluar las necesidades de ejecución de obras y ejecución de servicios.
- Elaborar y disponer de las especificaciones técnicas necesarias para acometer la prestación de servicios y la ejecución de obras.
- Manejar los diferentes aspectos para la contratación de obra, servicios, hacer seguimiento y control a la ejecución de los mismos.



CAPÍTULO II: EL PROBLEMA

2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

C.V.G. *Ferrominera Orinoco C.A.*, empresa del estado venezolano, tiene como responsabilidad la explotación de la industria del mineral de hierro y sus derivados, con eficiencia, productividad, calidad y al más bajo costo posible, a fin de abastecer en términos de rentabilidad para la empresa y en forma oportuna y suficiente a la industria siderúrgica nacional y aquellos mercados internacionales que resulten estratégicamente atractivos, logrando con ellos contribuir con el desarrollo económico del país.

La producción del mineral de hierro, se realiza acorde 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.

El mineral de hierro en bruto es extraído de los yacimientos ubicados en los alrededores de Ciudad Piar mediante la explotación de minas de cielo abierto, para luego ser transportado vía férrea hasta Puerto Ordaz, específicamente hasta los patios de la Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro (P.M.H) en donde es vaciado, triturado, cernido, secado, clasificado y apilado según las especificaciones del mineral exigido por los clientes.

El proceso se lleva a cabo en dos fases bien diferenciadas como son la producción y el despacho, bajo la responsabilidad de la Superintendencia de Operaciones, asegurando el cumplimiento de los programas de



producción establecidos por P.M.H, tanto en los procesos de producción como en el de transferencia y despacho, en términos de eficacia, eficiencia y efectividad.

Los procesos de Trasterencia y despacho del mineral de hierro son uno de los mas importantes que se realizan CVG Ferrominera Orinoco, los equipos recuperadores y apiladores son los utilizados para realización de dichos procesos, trasportando el mineral de hierro por el sistema de correas transportadoras que posee la empresa a las diferentes pilas, esto dependerá del tipo de mineral, especificaciones y destino final (Nacional o internacional).

El recuperador horizontal Plows FD-8010 A/B y el puente apilador PA-8007 están ubicados en la pila principal, la cual almacena productos tales como FSI, FPF, FPF alta sílice, etc. Los productos almacenados en la pila principal son exclusivamente para exportación. El Recuperador Horizontal Plows FD-8010 A/B, se encarga del envío del mineral de hierro hacia el carga barcos mediante correas transportadoras.

El puente apilador cumple la función de conformar las pilas de mineral de hierro, ubicadas en la pila principal las cuales poseen forma cónica.

En el departamento de ingeniería industrial se realiza todos los años el cálculo y actualización de estándares tanto de operación, como de consumo de los diferentes procesos, equipos y componentes que se emplean en CVG FERROMINERA, para la explotación del mineral de hierro.

El cálculo de dichos estándares tiene como objetivo, contar con indicadores que permitan llevar un control mas efectivo y eficiente de dichos procesos y los cuales serán de gran ayuda para las diferentes gerencias, las



cuales contarán con una herramienta de mucha importancia para la planificación y proyección de los procesos, además será beneficiosa a la hora de tomar decisiones, las cuales siempre estarán orientadas a la optimización y mejoramiento del proceso.

Es por tal motivo que se desea determinar el rendimiento operativo estándar de dichos equipos, de igual forma es conveniente realizar un análisis de las demoras que afectan el proceso operativo del Puente Apilador y de los recuperadores Horizontales Plows, considerando cuales son evitables e inevitables, para así determinar un plan de acción que permita introducir mejoras al proceso.

2.2 DELIMITACIÓN

El presente estudio fue desarrollado en el Departamento de Ingeniería Industrial, en base al proceso de recuperación y apilamiento del mineral de hierro el cual es controlado desde la sala control ,donde se realizó la toma de muestras, adscrito a la Superintendencia operaciones, perteneciente a la Gerencia de PMH de C. V. G. Ferrominera Orinoco C. A.

2.3 LIMITACIONES

- SCADA lleva registro de operaciones de todos los equipos automatizados. Los equipos evaluados en este estudio no se encuentran automatizados; por lo tanto no se llevan registros de dichos equipo, tales como tiempo efectivo de operación, cantidades de mineral recuperadas y/o apiladas , en el sistema SCADA, lo que



dificulta la toma de muestras y la obtención de información necesaria para este estudio.

- Debido a que la balanza se encuentra en la correa transportadora JD 8013 la cual esta próxima al carga barcos, esta lleva registro de las toneladas métricas que pueden provenir del Recuperador Horizontal PLOWS 8010 A/B y del recuperador Dravó, cuando los dos recuperadores trabajan en simultaneo enviando mineral destinado a la carga del barco, no es posible determinar el tonelaje exacto que ha sido recuperado por cada uno de ellos, esto se debe a que no existen balanzas próximas a estos equipos que permitan obtener dicha información, por lo que se dificulta la toma de muestras.
- Cuando se recupera mineral hacia el puente apilador la muestra se toma sin problemas, pero cuando se divide el flujo hacia el puente apilador y hacia la pila norte, no puede conocerse el tonelaje apilado por cada equipo, ya que la romana que se encuentra en la correa JD-5010, en este caso no se puede tomar la muestra.
- La presencia de pasantes dentro de las instalaciones de la planta en horarios distintos a los establecidos está prohibido en la empresa, debido a los altos riesgos presentes en el puesto de trabajo, y además sin una supervisión directa, por lo cual es problemática la entrada en dicha área en horas nocturnas.
- No se cuenta con ningún tipo de de manuales, catálogos, etc. que suministren información sobre los equipos y/o procesos a estandarizar



en este estudio, ya que estos se han ido extraviando con el pasar del tiempo, dado que estos equipos tienen una antigüedad considerable.

2.4 JUSTIFICACIÓN

El estudio de tiempo abarca el establecimiento del estándar y el análisis de las demoras que afectan los procesos en estudio. La estandarización de operaciones, tiene como objetivo diseñar, implantar y mejorar las actividades, satisfacer las exigencias del cliente, mejorar la utilización de los recursos, aumentar la productividad, confiabilidad del producto y lograr resultados a bajo costo, permitiendo así que se logre una mayor producción de bienes y/o servicios que haga rentable a la empresa.

La razón central de realizar este estudio se fundamenta en la determinación del rendimiento operativo estándar de operación del Puente apilador PA-8007 y de los Recuperadores Horizontales Plows FD-8010 A/B (8010-A3, 8010-A4, 8010-B1, 8010-B2), el cual le proporcionará a la empresa, específicamente al Departamento Planificación y Control, información necesaria para planificar y programar las operaciones, los itinerarios y los recursos.

Mediante la determinación y análisis de las demoras se pueden así mismo, identificar las causas que impiden que el proceso se lleve a cabo en las mejores condiciones, con el propósito de aprovechar y optimizar la programación de la producción e implantar mejoras continuas de los métodos de trabajo, así como también constituir una fuente de información para controlar los costos operacionales.



2.5 OBJETIVOS

2.5.1 Objetivo General

Determinar el rendimiento operativo estándar del proceso de apilamiento mediante el Puente Apilador PA-8007 y el proceso de recuperación mediante los Recuperadores Horizontales PLOWS 8010-A/B.

2.5.2 Objetivos Específicos

- ✓ Reconocer el proceso de apilamiento y recuperación en la pila principal de la gerencia de procesamiento de mineral de hierro (PMH)
- ✓ Desarrollar formato de muestreo.
- ✓ Tomar las muestras de los tiempos efectivos de operación y de las toneladas recuperadas y apiladas por turnos de los equipos a estudiar.
- ✓ Identificar y clasificar las demoras presentes en el proceso, así como la duración de las mismas.
- ✓ Identificar las causas de las demoras apreciadas.
- ✓ Realizar los cálculos correspondientes para determinar el rendimiento operativo estándar para cada equipo.



CAPITULO III

MARCO TEORICO

3.1 DIAGRAMAS DE PROCESOS

Se definen los diagramas de procesos representaciones gráficas relativas a un proceso industrial o administrativo, de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades, identificándolo mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; incluye toda la información que se considera útil para una mejor definición del estudio del trabajo elegido, y presenta los hechos que posteriormente se analizan, tal como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido.

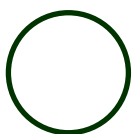
Los diagramas de proceso persiguen:

- Detallar el proceso, visualizar costos ocultos; y con el análisis se trata de eliminar las principales deficiencias en los procesos.
- Lograr la mejor distribución posible de la maquinaria, equipos y áreas de trabajo dentro de la planta.
- Los diagramas de procesos representan uno de los instrumentos de trabajo más importante para el ingeniero de métodos, ya que le permite tener a su disposición medios que le ayudan a efectuar un mejor trabajo en el menor tiempo posible.
- Se usan generalmente ocho tipos de diagramas de proceso, cada uno de los cuales tiene aplicaciones específicas. Ellos son:
 - Diagrama de operaciones de proceso
 - Diagrama de flujo de proceso
 - Diagrama de recorrido
 - Diagrama de interrelación hombre- máquina



- Diagrama de proceso para grupo o cuadrilla
- Diagrama de proceso para operario
- Diagrama de viajes de material

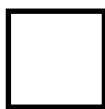
3.1.1 Simbología utilizada en los medios gráficos:



OPERACIÓN

El símbolo utilizado para la operación es un círculo.

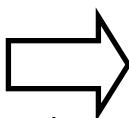
Ocurre cuando se cambian intencionalmente las características físicas o químicas de un objeto ; cuando dicho objeto es montado junto con otro, o desmontado de otro objeto y cuando se arregla o prepara para realizar otra actividad.



INSPECCIÓN

El símbolo de la inspección es un cuadrado.

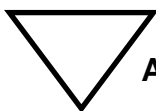
Tiene lugar cuando un objeto es examinado para ser identificado o para verificar su conformidad de acuerdo a estándares establecidos de calidad o cantidad.



TRANSPORTE

El símbolo del transporte es una flecha cuya orientación se usa algunas veces para indicar el sentido del movimiento.

Sucede cuando un objeto es trasladado de un lugar a otro, excepto cuando dicho traslado forma parte de una operación o es realizado por el operario en su sitio de trabajo durante una operación o una inspección.

**ALMACENAJE**

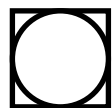
El símbolo de almacenaje es un triángulo equilátero con uno de sus vértices hacia abajo.

Ocurre cuando un objeto se resguarda y protege contra un traslado no autorizado. Para que el objeto pueda ser sacado de este almacenaje, es necesaria una orden.

**DEMORA**

El símbolo de una demora es una letra D mayúscula.

Se origina cuando las condiciones, excepto aquellas que cambian intencionalmente las características físicas o químicas del material, no permiten la inmediata realización de la siguiente acción planificada.

**ACTIVIDAD COMBINADA**

Para indicar actividades realizadas conjuntamente, se combinan sus símbolos.

3.2 DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO

Es la representación gráfica que muestra la secuencia de los puntos en los cuales se introducen los materiales al proceso y del orden de todas las *OPERACIONES E INPECCIONES*, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque o arreglo final del producto terminado. Excluye aquellas actividades relacionadas con la manipulación del material (transporte,



almacenaje). Señala la entrada de todos los componentes y subconjuntos al ensamble con el conjunto principal.

Además contiene toda la información que se considera adecuada para el análisis, como por ejemplo, márgenes de tiempo, materiales, facilidades físicas empleadas, etc.

Antes de mejorar un proceso de manufactura, conviene elaborar un diagrama de operaciones que permita comprender completamente el problema, y determinar así en que áreas existen las mejores posibilidades de mejoramiento.

3.2.1 Finalidad del diagrama de operaciones de proceso:

- Es proporcionar una imagen clara en toda la secuencia de los acontecimientos en el proceso.
- Estudiar las fases del proceso en forma sistemática.
- Mejorar la disposición de locales y el manejo de materiales.
- Disminuir demoras.
- Comparar dos métodos.
- Estudiar las operaciones para eliminar el tiempo improductivo.

Puntos a recordar en el diagrama de operaciones:

- Los únicos símbolos que se usan en este diagrama son las operaciones y las inspecciones y se numeran en secuencia para comenzar con el primer paso en la parte más importante.



- El componente más importante generalmente aparece en el extremo derecho y los demás componentes se le asigna un espacio a la izquierda de este componente.
- Siempre serán necesarios los datos tanto en el método actual como el propuesto: número de plano, número de identificación, la descripción del proceso, fecha de elaboración, nombre de la persona que lo hizo, además de otra información que nos permita identificar en cualquier momento a qué se refiere el diagrama.
- Todos los pasos se deben listar en la secuencia adecuada para cada componente y se deben manejar en forma vertical de arriba hacia abajo
- Se usan líneas verticales para indicar el flujo del proceso a medida que se realiza el trabajo y líneas horizontales que entroncan con las líneas verticales para indicar que entra material al proceso, ya sea proveniente de compras o sobre el que ya se ha hecho algún trabajo durante el proceso.

3.2.2 Procedimiento básico para la construcción de un diagrama de operaciones de proceso:

- Una vez escogido el material, se traza una línea horizontalmente en la parte superior derecha del diagrama.
- Encima de ésta línea se anota una descripción del material (esta puede ser tan completa como se estime necesario).
- Se traza una línea vertical de recorrido desde el extremo derecho de la línea horizontal (recordándose que la línea vertical que se sitúa más a la derecha se reserva para el elemento principal).
- En la línea vertical se dibujan los símbolos que representan en orden los diferentes eventos que se lleven a cabo.



- A la derecha del símbolo se anota una breve descripción y se identifica el puesto de trabajo y a la izquierda se coloca el tiempo de duración.

3.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

Es una representación gráfica de todas las operaciones, los transportes, las inspecciones, las demoras y los almacenamientos que ocurren durante el proceso. En general, contiene muchos más detalles que el diagrama de operaciones. Es por esto que no considera en conjunto ensambles complicados. Se utiliza solo para representar un componente de ese ensamble.

Presenta dos tipos de diagramas:

- 1.- El tipo “Material” describe el proceso en términos de los eventos que se suceden sobre el material. La descripción se hace por lo general en voz pasiva.
- 2.- El tipo “Hombre” describe el proceso en términos de las actividades que realiza el hombre. Es una descripción en voz activa

Es muy útil, ya que pone de manifiesto costos ocultos como distancias recorridas, retrasos y almacenamiento temporales. Por eso es importante indicar en el diagrama todas las demoras y tiempos de almacenamientos, y el registro de los trayectos. Un estudio del plano de la planta con el proceso, suministra detalles relacionados con estos costos directos e indirectos del proceso, con vistas a introducir mejoras. El hecho de que las distancias se registren en el diagrama, es de gran valor para poner de manifiesto como podría mejorarse la distribución de los equipos en la planta.



3.3.1 Elaboración del diagrama de Flujo de Operaciones:

Como el diagrama de operaciones, el del flujo de un proceso debe ser identificado correctamente con un título. Es usual encabezar la información identificadora con el de “diagrama de curso de proceso”. La información mencionada comprende, por lo general, número de la pieza, número del plano, descripción del proceso, método actual o propuesto, fecha y nombre de la persona que elabora el diagrama.

Algunas veces hacen falta datos adicionales para identificar por completo el trabajo que se diagrama. Tales datos pueden ser los nombres de la planta, edificio o departamento, número de diagrama, cantidad de producción e información sobre costos.

Puesto que el diagrama de flujo de proceso corresponde solo a una pieza o artículo y no a un ensamble o conjunto, puede elaborarse un diagrama más nítidamente empezando en el centro de la parte superior del papel. Primero se traza una línea horizontal de material, sobre la cual se escribe el número de la pieza y su descripción, así como el material con el que se procesa. Se traza luego una corta línea vertical de flujo, de unos 5mm de longitud al primer símbolo de evento, el cual puede ser una flecha que indica un transporte desde la bodega o almacén. Inmediatamente a la derecha del símbolo de transporte se anota una breve descripción del movimiento, tal como “llevado a la sierra recortadora por el acarreador del material”. Inmediatamente abajo se anota el tipo de equipo para manejo del material empleado.

Se continúa este proceso de diagramación registrando todas las operaciones, inspecciones, movimientos, demoras, almacenamientos permanentes y temporales que ocurran durante el procesado de la pieza o



parte. Se numeran cronológicamente para futuras referencias todos los eventos utilizando una serie particular para cada clase de evento.

El símbolo de transporte se emplea para indicar el sentido de la circulación. Así, cuando hay flujo en línea recta se coloca el símbolo con la flecha apuntando a la derecha del papel. Cuando el proceso se invierte o retrocede, el cambio de sentido o dirección se señala dibujando la flecha de modo que apunte a la izquierda. Si el proceso se efectúa en un edificio de varios pisos, una flecha apuntando hacia arriba indica que el proceso se efectúa siguiendo esa dirección, y una flecha que apunte hacia abajo indicara que el flujo de trabajo es descendente.

Es importante indicar en el diagrama todas las demoras y tiempos de almacenamiento. No basta con indicar que tiene lugar un retraso o almacenamiento. Cuanto mayor sea el tiempo de almacenamiento o retraso de una pieza, tanto mayor será el incremento de costo acumulado y, por tanto, es de importancia saber que tiempo corresponde a la demora o al almacenamiento.

Esta herramienta persigue:

- Proporcionar una imagen clara de toda la secuencia de los acontecimientos en el proceso.
- Sirve para la secuencia de un producto, un operario o una pieza.
- Mejorar la distribución de los locales y el manejo de materiales, disminuir esperas.
- Estudiar operaciones y otras actividades en su relación recíproca.
- Comparar dos métodos.
- Estudiar las operaciones para eliminar el tiempo improductivo y escoger operaciones para su estudio detallado.



Puntos a recordar en el diagrama de flujo de proceso:

- Utiliza además del símbolos de operación e inspección, el de transporte, almacenaje, y en caso que se requiera la combinación de dos símbolos, actividad combinada.
- Puede aplicarse para analizar tanto al material como al operador. Estos deben ser diagramas separados.
- Para el diagrama de flujo de proceso del operario se utiliza la voz activa: taladra, esmerila, etc.
- Para el diagrama de flujo de materiales se utiliza la voz pasiva: es taladrado, es esmerilado, etc.
- No debe dividirse la operación en detalles menores, para no saturar el diagrama de detalles pequeños
- El diagrama debe indicar si el método es actual o propuesto, realizar la respectiva identificación.
- Los símbolos que se seleccionen para cada concepto deben estar conectados.

3.4 ESTABLECIMIENTO DE ESTÁNDARES.

Un estándar puede ser definido como una unidad de medida que sirve como modelo, guía o patrón con base en el cual se efectúa el control.

En una situación ideal, las metas y los objetivos establecidos en el proceso de planeación estarán definidos en términos claros y mensurables que incluyen plazos específicos.



3.4.1 Puntos Críticos y Estándares de Control.

Los puntos críticos son aquellos que se escogen para ejercer el control, deben ser factores limitantes de la operación o deben mostrar (mejor que otros factores) que los planes se desarrollen normalmente.

El desempeño que persigue los estándares consiste en servir de base para evaluar el desempeño contra una marca o meta prefijada. Un estándar es una medida de condiciones específicas que afectan a esa actividad. Al fijar los estándares es de vital importancia la determinación de una relación equitativa entre el volumen de los bienes producidos y la mano de obra y materiales requeridos para el proceso. Cuando se logre llegar a esta relación equitativa se habrá determinado el adecuado requisito de producción de un día de trabajo medio.

3.5 ESTUDIO DE TIEMPO.

Esta actividad implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido del trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demás demoras personales y los retrasos inevitables.

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos del trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, para realizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea. Según una norma de ejecución preestablecida.



3.5.1 Etapas del estudio de tiempo.

1. Obtener y registrar toda la información posible acerca de la tarea del operario y de las condiciones que puedan influir en la ejecución del trabajo.
2. Registrar una descripción completa del método descomponiendo la operación del trabajo en elementos.
3. Examinar ese desglose para verificar si se están utilizando los mejores métodos y movimientos y determinar el tamaño de la muestra.
4. Medir el tiempo con un instrumento apropiado, generalmente un cronómetro y registrar el tiempo invertido por el operario en llevar a cabo cada elemento de la operación.
5. Convertir los tiempos observados en tiempos básicos.
6. Determinar los elementos que se añadirán a el tiempo básico de la operación.
7. Determinar en tiempo tipo propio de la operación..

3.5.2 Estudio de tiempo con cronometraje.

Cronómetro: Es un instrumento que se utiliza para la medición en estudio de tiempos.

Ventajas:

1. Capacita al analista para observar el ciclo completo, dándole por este medio una oportunidad de sugerir e iniciar el mejoramiento de métodos.



2. Es el único que efectivamente mide y registra el tiempo real empleado por el operario.
3. Es más posible que comprenda aquellos elementos que ocurren menos de una vez por ciclo.
4. Proporciona rápidamente valores exactos para elementos por máquina.
5. Es relativamente sencillo de aprender y fácil de explicar.

Desventajas:

1. Requiere la calificación o evaluación de la actuación, o sea, de la destreza y empeño del trabajador.
2. No obliga a seguir un registro detallado del método total que se empleó, incluyendo la distribución del equipo en lugar de trabajo, los patrones de movimientos, la condición de los materiales, las herramientas, etc.
3. Puede no proporcionar una evaluación exacta de elementos no cíclicos.
4. Basa el estándar en una pequeña, puesto que es determinado por un analista que estudia a un solo operario que utiliza un solo método.
5. Requiere que el trabajo sea realizado antes de establecer el estándar.

3.5.2.1 Método para la toma de tiempo con cronometraje.

- ☆ *Método Continuo:* Se deja correr el cronómetro mientras dura el estudio. En esta técnica, el cronómetro se pone en acción al principio



del primer elemento del ciclo y no se detiene hasta que haya concluido el estudio.

- ☆ *Método Vuelta a Cero:* El cronómetro se lee a la terminación de cada elemento. Esta técnica se acciona el cronómetro al comienzo del estudio y luego cada vez que finaliza un elemento se hace volver el segundero a cero y pone de nuevo en marcha inmediatamente para cronometrar el elemento siguiente, sin que el mecanismo del reloj se detenga ni un momento

3.6 ESTIMACIÓN ESTADÍSTICA DEL NÚMERO DE CICLOS A ESTUDIAR.

Existen varios métodos que permiten determinar el número de observaciones a realizar para obtener una muestra representativa en el cálculo de tiempo promedio para realizar las actividades.

Es posible determinar matemáticamente el número de ciclos que deberán ser estudiados como objeto de asegurar la existencia de una muestra confiable y tal valor, moderado aplicando un buen criterio, dará al analista una útil guía para poder decidir la duración de la observación.

Para seleccionar el número satisfactorio de las lecturas a registrar, se hace uso del método estadístico. Estimación del tamaño de la muestra. Utilizando la distribución “t de Student”, como modelo del comportamiento de la muestra y con un error de muestreo tolerable; previamente especificado desde el punto de vista de un intervalo y coeficiente de confianza, y determinando la desviación estándar se puede calcular el número de observaciones para satisfacer el error de muestreo establecido.



Es de mencionar que cuando se conoce la desviación estándar de la población (σ), la desviación estándar de muestra (S) se utiliza como estimador de la misma, por lo cual puede sustituirla en ecuaciones de intervalos de confianza y errores. Esta situación no presenta dificultades importantes, debido a que la desviación estándar de la muestra proporciona una aproximación al valor verdadero. Además de esto por el teorema del límite central se sabe que cuando el tamaño de la muestra es > 30 , la distribución de muestreo de la media será casi normal; no obstante, para muestra de 30 o menos observaciones (< 30), la aproximación normal resulta inadecuada, por lo tanto, los cálculos se deben basar en la distribución “t de Student”, la cual es la teóricamente correcta siempre que se utilice

La distribución t de Student depende de un parámetro “los grados de libertad”, estos están dados por $n-1$, donde n es el tamaño de la muestra y $n < 30$ observaciones. En la distribución t, el intervalo de confianza permite determinar la exactitud, la cual, de acuerdo al uso final de los resultados, puede establecerse del (3-10)%. Esta se denota con la letra (I).

El procedimiento que se debe seguir para determinar el número de muestras representativas, siguiendo la distribución “t de Student” es el que le sigue a continuación, según las exigencias que tenga el estudio, se debe especificar el nivel de confianza (C) que conducirá a ciertos intervalos de confianza (I).

- ☆ Realizar un número de muestras preliminar, inferior a 30 observaciones.
- ☆ Calcular la desviación estándar de la muestra (S), mediante la siguiente fórmula:



$$S = \sqrt{\frac{\sum T^2 - \frac{(\sum T)^2}{M}}{M - 1}}$$

☆ Calcular el intervalo de confianza proporcionado por la muestra:

Donde:

Im=Intervalo de Confianza

tc=Valor de la tabla de distribución de Student

S= Desviación estándar

M= Observaciones realizadas

☆ Comparar Im con I:

Sí Im ≤ I Se acepta la muestra.

Sí Im ≥ I Se recalcula N.

La expresión para el tamaño de muestra en este caso sería

Luego N – M serían las observaciones requeridas.

3.7 TIEMPO ESTÁNDAR.

El tiempo estándar para una operación dada en el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, previamente calificado y adiestrado, y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo la operación.



Es una estimación de tiempo para operaciones individuales y de máquinas, a partir de las cuales, se pueden deducir el tiempo total de manufactura.

Fórmulas:

$$TE = TPS \times CV + \sum TOL,$$

$$TPS = \frac{\sum T}{M}$$

Donde:

TE= Tiempo Estándar.

TPS= Tiempo Promedio Seleccionado.

CV= Calificación de Velocidad.

$\sum TOL$ = Sumatoria de las Tolerancias.

M= Número de Muestras Tomadas.

3.7.1 Tolerancia.

Es un período de tiempo que se encuentra fuera de control, tanto del operario como de la máquina, debido a una diversidad de factores; como por ejemplo, falla de equipo, necesidades personales, efecto de fatiga, piezas defectuosas, suspensión de flujos de materiales, entre otros. Conviene indicar que estos factores se hallan tabulados.

3.7.1.2 Asignación de tolerancia

En la cantidad de tiempo que se debe agregar al tiempo normal; con el objetivo de incluir las necesidades personales, así como también reponer la fatiga y otros factores que estén fuera de control del operario y que de igual



forma consumen tiempo. Cabe destacar, que el porcentaje de tolerancia se asigna en base al tiempo productivo.

3.7.2 Demoras.

Se considera como la magnitud y frecuencia de los retrasos, estos varían con el tipo de actividad y condiciones que lo rodean. Es conveniente que las tolerancias se inclinen a las condiciones reales de la actividad.

En la determinación del tiempo estándar sólo se consideran las demoras inevitables; ya que las otras demoras registradas pueden corregirse.

3.7.2.1 Demoras o retrasos Evitables.

Son todas aquellas demoras que de una u otra forma afectan al proceso, y no son propias de este en sí.

3.7.2.2 Demoras o retrasos Inevitables.

En ellas se incluyen todas las demoras propias del proceso, las cuales no pueden ser desviadas o pasadas por alto. Puesto que tienen que hacerse para continuar la operación.

3.7.3 Tiempo Efectivo.

Son los tiempos que están contemplados dentro de la jornada normal de trabajo, que normalmente son de ocho (8) horas por día.



3.7.4 Tiempo Normal

Es el tiempo real en el cual un operario o máquina realiza sus tareas asignadas. El tiempo de realización de una actividad o una velocidad normal o a un ritmo de trabajo preestablecido, pero sin considerar suplemento o tolerancias.

$$TN = TPS \times CV$$

3.7.5 Tiempo promedio seleccionado.

Es el tiempo promedio de duración de cada elemento, se calcula con la siguiente formula:

$$TPS = \sum T/n$$

3.8 DIAGRAMA DE PARETTO.

Este diagrama es una gráfica de barras que jerarquiza los problemas, condiciones o las causas de estos por su importancia e impacto siguiendo un orden descendente de izquierda a derecha.

Este diagrama es utilizado cuando se necesite determinar el orden de importancia de los problemas o condiciones a fin de seleccionar el punto de inicio para la solución de estos o la identificación de la causa fundamental en un problema



3.9 DIAGRAMA CAUSA-EFECTO.

En un diagrama que representa la relación entre un efecto y todas las posibles causas que influyen en él, permitiendo identificarlas y clasificarlas para su análisis. Este diagrama es llamado también de espina de pescado o Ishikawa.

Este diagrama es utilizado cuando:

1. Se requiere realizar un análisis en forma gráfica y estructurada.
2. Se necesite analizar una situación, condición o problema específico a fin de determinar las causas que los originan.
3. Se desea analizar el resultado de un proceso y las cosas que necesitamos para lograrlo (visualización positiva)

3.9.1 Procedimiento para la elaboración de diagrama causa-efecto.

1. Describir el efecto o atributo de calidad.
2. Escoger una característica de calidad y escribirla en el lado derecho de una hoja de papel, dibujar de izquierda a derecha la línea de espina dorsal y encerrar la característica en un cuadrado, enseguida, escriban las causas primarias que afectan a la característica de calidad, en forma de grandes huesos, cerrados también en un cuadrado.



3. Escribir las causas (causas secundarias) que afectan a los grandes huesos, (causas primarias) como huesos medianos, y escriba las causas (causas terciarias) que afectan a los huesos medianos como huesos pequeños.

4. Asigne la importancia de cada factor y marque los factores particularmente importantes que parecen tener un efecto significativo sobre las características de calidad.

5. Registre cualquier información que pueda ser de utilidad.



CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1 TIPO DE ESTUDIO

Según el propósito o razón:

Aplicada: Mediante esta se ponen en prácticas los conocimientos adquiridos, de esta forma se dan respuestas a necesidades existentes sobre el tiempo de recuperación del mineral de hierro por medio de los Recuperadores Horizontales Plows y el Puente Apilador, los factores y demoras que lo afectan

Según el nivel de profundidad:

Descriptiva: por medio de esta estrategia se estudia todos los elementos que intervienen en el proceso de recuperación del mineral por medio de los recuperadores horizontales Plows, y del proceso de apilamiento del mineral por medio del puente apilador, lo que permite tener una idea más amplia sobre el problema que se está estudiando, describiendo las características del entorno que rodea la situación actual del problema.

Según la estrategia:

De campo: Puesto que se realizaran observaciones directas en el ambiente que rodea el proceso de recuperación y apilamiento, para la obtención de datos que se utilizan en el desarrollo del trabajo.



4.2 POBLACIÓN

La población a utilizada para la determinación del rendimiento operativo estándar estuvo constituida por todos los equipos recuperadores y apiladores ubicados en la gerencia PMH (procesamiento de mineral de hierro).

4.3 MUESTRA

Se tomaron como muestra únicamente el puente apilador PA-8007 y los recuperadores horizontales Plows 8010 A/B (8010-A3, 8010-A4, 8010-B1, 8010-B2) los cuales están ubicados, y operan en la pila principal de la gerencia PMH la cual almacena mineral de exportación.

4.4 RECURSOS

Para cumplir con los objetivos planteados, se utilizaron los siguientes medios:

- **Biblioteca:** Esta fuente ayuda a la búsqueda del apoyo bibliográfico para sentar las bases teóricas del estudio.
- **Internet:** El uso de la red facilita en gran parte a la reunión de la información necesaria para el cabal conocimiento del proceso de estandarización y mantenimiento de locomotoras.
- **Observaciones directas:** por medio la cual se facilitará la descripción del proceso así como también los elementos que lo conforman.



- **Entrevistas:** con el personal encargado del despacho del mineral y el proceso productivo en general.
- **Paquetes computarizados:** Se utilizaron programas bajo el ambiente de Windows, tales como: Word, Excel, Power Point, y Sinergy.
- **Lápiz y papel:** También se utilizaron estos instrumentos para tomar las muestras y realizar las entrevistas informales al personal encargado del proceso de transferencia y despacho.

4.5 PROCEDIMIENTO

Aplicación de técnicas y herramientas relacionadas con el estudio de tiempo, los cuales permiten conocer las características que condicionan el funcionamiento del Puente apilador y de los Recuperadores horizontales Plows.

Los pasos a seguir en la consecución de los objetivos planteados serán los siguientes:

4.5.1 Identificar los elementos a estudiar en las operaciones del Puente Apilador y de los recuperadores horizontales Plows.

Identificar los elementos que componen el proceso de recuperación y apilamiento del mineral como lo son duración de la operación, toneladas recuperadas y/o apiladas, etc.



4.5.2 Desarrollo de Formatos de Muestreo.

Se diseñó un formato de muestreo, en el cual se registraron los datos del muestreo. En este formato se recolectó información como número de equipos utilizados en el caso de los Plows, tiempo de operación, toneladas apiladas y/o recuperadas y las demoras presentadas durante el proceso.

4.5.3 Toma de Tiempos y Registro de Datos:

Para la toma de tiempo se utilizó el método continuo que consiste en dejar correr el cronometro (tomado del sistema de operaciones de control central P.M.H). En los turnos de 7 AM a 3 PM. , de 3 PM a 11 PM y 11 PM a 7 AM el muestreo se realizó desde el 18/04/07 hasta el 31/05/07.

4.5.4 Identificar y clasificar las demoras que afectan el proceso al igual que todos los eventos que se consideraron relevantes para el estudio.

Durante la ejecución del proceso se presentan diferentes retrasos el en la realización de las actividades, los cuales en muchas ocasiones presentan una duración muy grande que incrementan considerablemente la duración de cada actividad, por ello es importante identificar y contabilizar estas demoras en el mismo momento en que se presentan, así como clasificar las demoras identificadas, tanto las evitables como las inevitables, con la finalidad de determinar su origen.



4.5.5 Analizar las causas de las demoras apreciadas.

Una vez identificadas las demoras presentes en el proceso, es importante averiguar la causa de las mismas para poder plantear soluciones, con la finalidad de que el proceso se realice de manera segura y fluida, disminuyendo la presencia de demoras.

4.5.6 Realizar los cálculos correspondientes para determinar el rendimiento operativo estándar de cada equipo.

Culminado el muestreo se procedió a realizar los cálculos correspondientes a la estandarización del rendimiento operativo del puente apilador PA-8007 y de los Recuperadores Horizontales Plows A/B, donde primero se calculó los intervalos de confianza, desviación estándar, etc. para verificar si el numero de muestras tomadas fueron suficientes para realizar la estandarización o si se requeriría la toma de mayor cantidad de muestras, para luego proceder al calculo del rendimiento operativo estándar para cada uno de los equipos.

4.5.7 Analizar los valores obtenidos y Diseñar un Plan de Acción Orientado a Mejorar el Proceso.

Una vez obtenidos los tiempos de los procesos de recuperación y apilamiento y las demoras presentes en los mismos, se analizaron todos los valores obtenidos con el fin de diseñar una propuesta de mejoras de los mismos y presentar las conclusiones y recomendaciones del proyecto.



CAPITULO V

ANALISIS DE RESULTADOS

5.1 SITUACION ACTUAL

5.1.1 Descripción de proceso de recuperación de mineral de hierro mediante los Recuperadores Horizontales Plows FD- 8010 A/B

Los recuperadores horizontales plows (ver anexo 1) son 4 equipos ubicados bajo la pila principal en la gerencia de PMH, dichos equipos operan dentro de los túneles A y B (ver anexo 2), mediante un riel se mueven de manera longitudinal, cada uno de los túneles posee una correa transportadora (JD-8010A y JD-8010B) (ver anexo 3), las cuales forman parte del sistema de correas transportadoras que conectan los plows con el carga barcos y hacen posible la transferencia del mineral de hierro de la pila principal hacia los buques anclados en el muelle.

En el túnel A se encuentran los plows 3 y 4 y en el túnel B se encuentran los plows 1 y 2, dichos equipos teóricamente pueden operar los cuatro en simultaneo, con una capacidad de 6000 tm/hr pero debido a que los equipos 2 y 3 no se encuentran operativos, solo se utilizan el 1 y el 4, los cuales si trabajan simultáneamente, la capacidad real es de 3000 a 3500 tm/hr esto se debe que el sistema de correas transportadoras no ha sido repotenciado, aunado a que los embudos presentan algunas fallas y tienden a bloquearse, si bien existe un programa de mantenimiento preventivo, estos equipos tienen una gran cantidad de años operativos, y el desgaste es evidente por lo que no tienen la capacidad de soportar un flujo de 6000 tm/hr.



La electricidad provista para el funcionamiento de los equipos es suministrada por una línea de alimentación que se encuentra debajo de los rieles y trabaja con 440 volts.

El proceso de recuperación consiste en: Una vez que desde el control central se tiene información del carga barcos PA-8017, se procede al arranque del conjunto de correas (JD-8016, 8015, 8014, 8013,8012) que conectan los plows con el carga barcos.

El CC es informado por Aseguramiento de calidad, acerca del plan de carga el cual contiene todas las especificaciones de carga del barco, tales como toneladas que deben almacenarse en cada bodega, tipo material y el metraje en que serán ubicados los plows en la pila principal para proceder a la carga del barco, el CC arranca las correas de los túneles A y B, según el equipos que se requiera utilizar (Plow 1 , Plow 4, o ambos) , posteriormente informa al personal que trabaja en los plows sobre la ubicación en que se colocaran los equipos, debido a que estos o se encuentran automatizados los equipos deben ser ubicados por un operario manualmente en el metraje y material asignado, por el plan de carga, luego el operario coloca el equipo en modo automático, este se moverá de un extremo a otro desde el metraje inicial hasta el metraje final, para que el equipo se mantenga dentro del metraje previsto se utilizan unas planchas de acero(ver anexo 4) que se colocan en cada uno de los extremos del recorrido, para q cuando el equipo choque contra la plancha active un interruptor el cual le da la señal que cambie de dirección. Una vez que el equipo es colocado modo automático el operador informa al CC el cual da arranque al plow..

Si bien los equipos son arrancados desde control central de modo remoto, deben tener un operario el cual se encarga de ubicar los plows en el



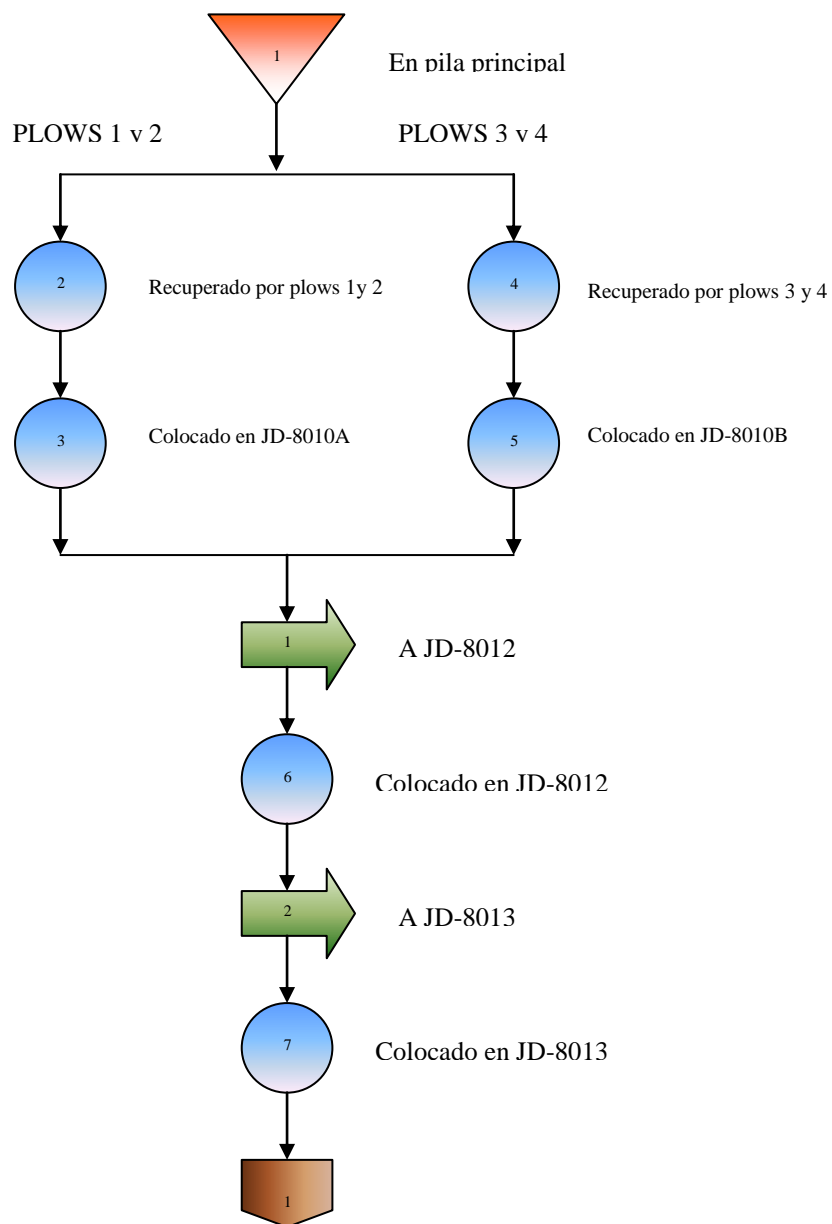
metraje indicado por el plan de carga, y controlar que el proceso de recuperación se realice con total normalidad, y en dado caso que ocurran fallas informar al personal de turno encargado del mantenimiento.

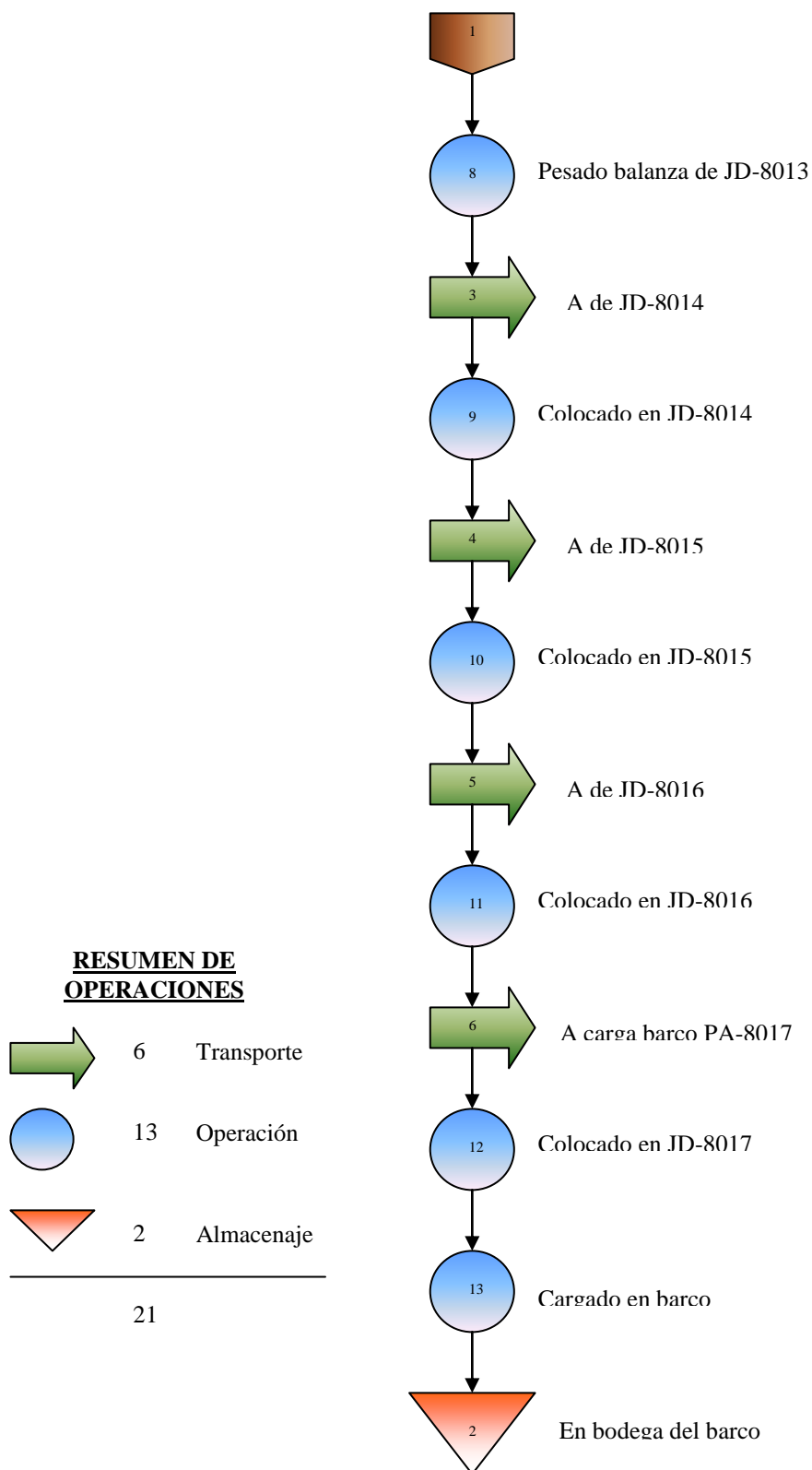
En la pila principal el mineral de hierro se encuentra almacenado en pilas de forma cónica, dichas pilas se encuentran sobre los túneles, los cuales tienen una abertura por donde el mineral cae dentro de él, por efecto de la gravedad, sobre una plataforma, en la cual trabajara el plow, dicho equipo cuenta con dos rastras giratorias, que arrastran el material, que se encuentra sobre estas plataformas. A medida que se va moviendo a lo largo del túnel, en el metraje asignado, hacia un embudo que cumple la función de colocar el mineral sobre la correa transportadora del túnel, de aquí en adelante el material será transportado por el sistema de correas hasta el carga barcos, para proceder a la carga de las bodegas del barco.

El flujo de recuperación varia bastante, ya que el mineral no cae en los túneles de manera uniforme, esto se debe a que pueden existir vacíos, estos vacíos se producen cuando el material de la pila fue totalmente recuperado por lo q no existe mineral sobre el túnel, otro factor que influye en el flujo de recuperación es cuando se producen túneles en la pila, esto se produce cuando el mineral se compacta y no cae hacia el túnel, por lo que debe golpearse con un barra de acero desde adentro del túnel para lograr, que el puente se desintegre, existen casos es en que no es posible desintegrar el puente de esta manera, por lo que debe empujarse desde la pila con un tractor o payloader.



5.1.1.1 Diagrama de proceso recuperadores horizontales Plows.







5.1.2 Descripción del proceso de Apilamiento del mineral de hierro mediante el Puente apilador.

El Puente Apilador (PA-8007) (ver anexo 5) es una estructura metálica, la cual se eleva sobre la pila principal, su nombre se debe justamente a la forma del mismo q se asemeja a un puente. La función de este equipo es la conformación de las pilas de mineral de hierro, las cuales poseerán forma cónica, esto se debe a que el puente será ubicado en el metraje previsto, este se moverá sobre un riel (ver anexo 6) que se extiende a lo largo de toda la pila principal y quedará estático hasta la conformación de la pila, el mineral es apilado mediante un feeder móvil que se traslada a lo ancho de la pila principal y se ubica según las especificaciones requeridas.

El mineral que es apilado en la pila principal proviene del recuperador FMC (ver anexo 7) el cual se encuentra ubicado en las pilas de Homogenización A/B (pila norte y pila sur) pudiendo recuperar mineral de cualquiera de las dos pilas.

El recuperador FMC (PA-5003B) de cangilones cuenta con dos carros de ruedas que son los que recogen el mineral para hacer las transferencias a través de las cintas transportadoras con una capacidad de recuperación de 6.000 t/h pero actualmente solo recuperan 3.500 t/h debido a que los embudos se bloquean y no permiten el paso del mineral, la cantidad de mineral recuperado lo obtienen de acuerdo al avance de la máquina.

El proceso de apilamiento cuando se recupera desde el FMC es el siguiente: Debido a que el Puente apilador no se encuentra automatizado debe ser arrancado y ubicado por el mismo operador manualmente, desde la cabina control ubicada en el equipo (ver anexo 8), además el operador



debe controlar que todo el proceso de apilamiento se realice con total normalidad, en caso contrario informara al personal de turno encargado del mantenimiento del equipo, luego de realizar estas operaciones se procede a informar al control central la disponibilidad del equipo para operar, desde allí se encargaran de arrancar el sistema de correas transportadoras JD-8006, JD-5048B, JD-5048A (ver anexo 9), luego debe posicionarse el tolván móvil (PA-54102) para donde se desea direccionar el flujo de mineral de hierro en este caso hacia la correa JD-5048A, dado que se desea realizar la transferencia de mineral hacia la pila principal, luego se da arranque a la correa JD-5010 en la cual se encuentra la balanza que llevara registro del tonelaje que es recuperado desde el FMC y por ultimo se da arranque al FMC, para proceder a la operación de recuperación del mineral de las pilas norte o sur.

Otra opción para el envío de mineral destinado a conformar las pilas es la fosa multipropósito (ver anexo 10), en la cual se descargan vagones tolva, para su posterior envío por el sistema de correas transportadoras hacia el puente apilador.

Existen casos aislados en los que se recupera mineral desde cernido natural y esto se produce cuando debe pararse el proceso por fallas en algunos de estos equipos y es imposible continuar con la operación de apilamiento, pero este método es utilizado en contadas ocasiones por lo que no se ha tomado en cuenta para este estudio.

La fosa multipropósito (FE-8040) consta de dos tolvas (ver anexo 11) las cuales tienen una capacidad de 90 ton cada una, estas se encuentran varios metros bajo tierra, en las cuales se descargan los vagones tolva, estos transportan fino de rechazo de TOPPCA y de ORINOCO IRON en su

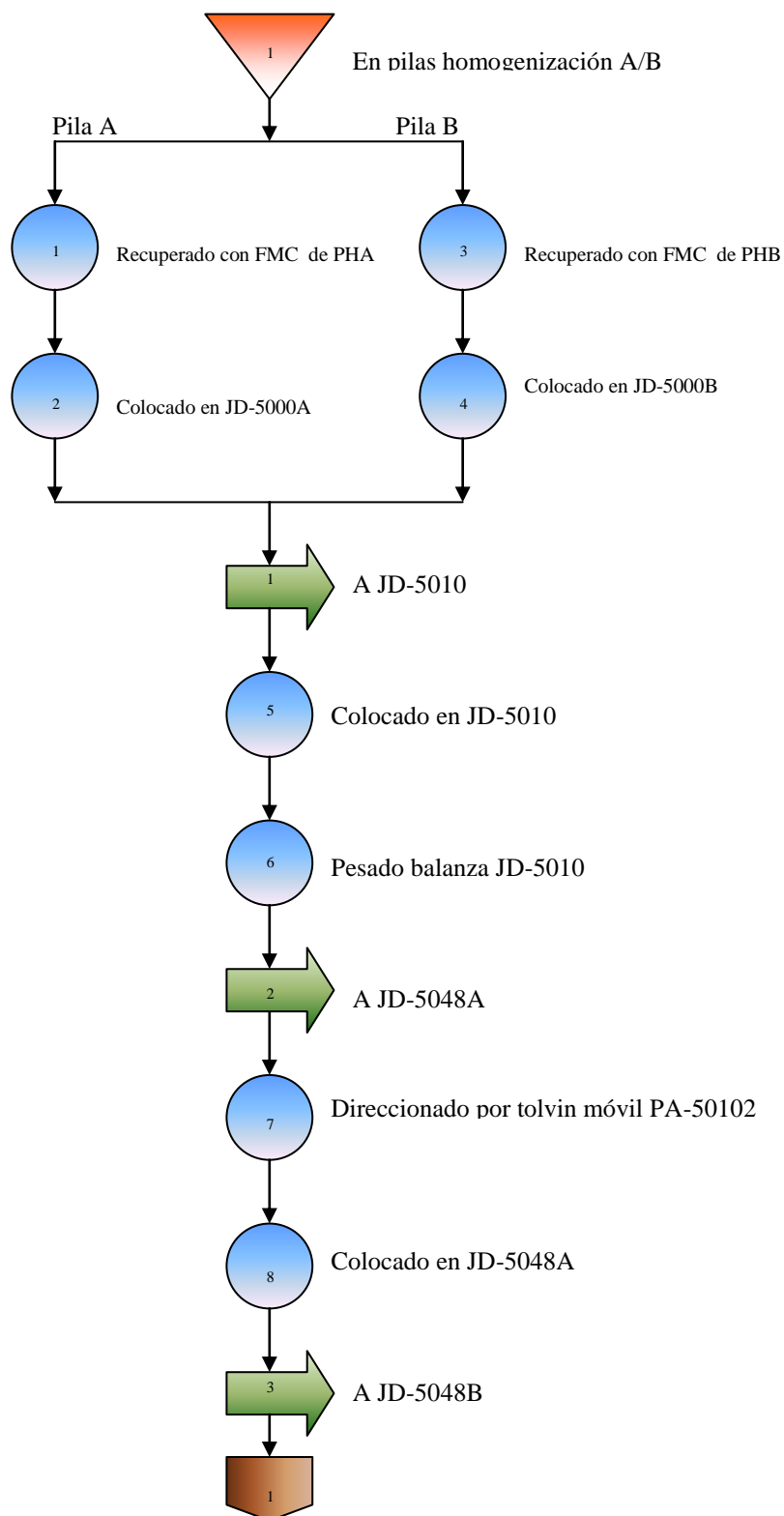


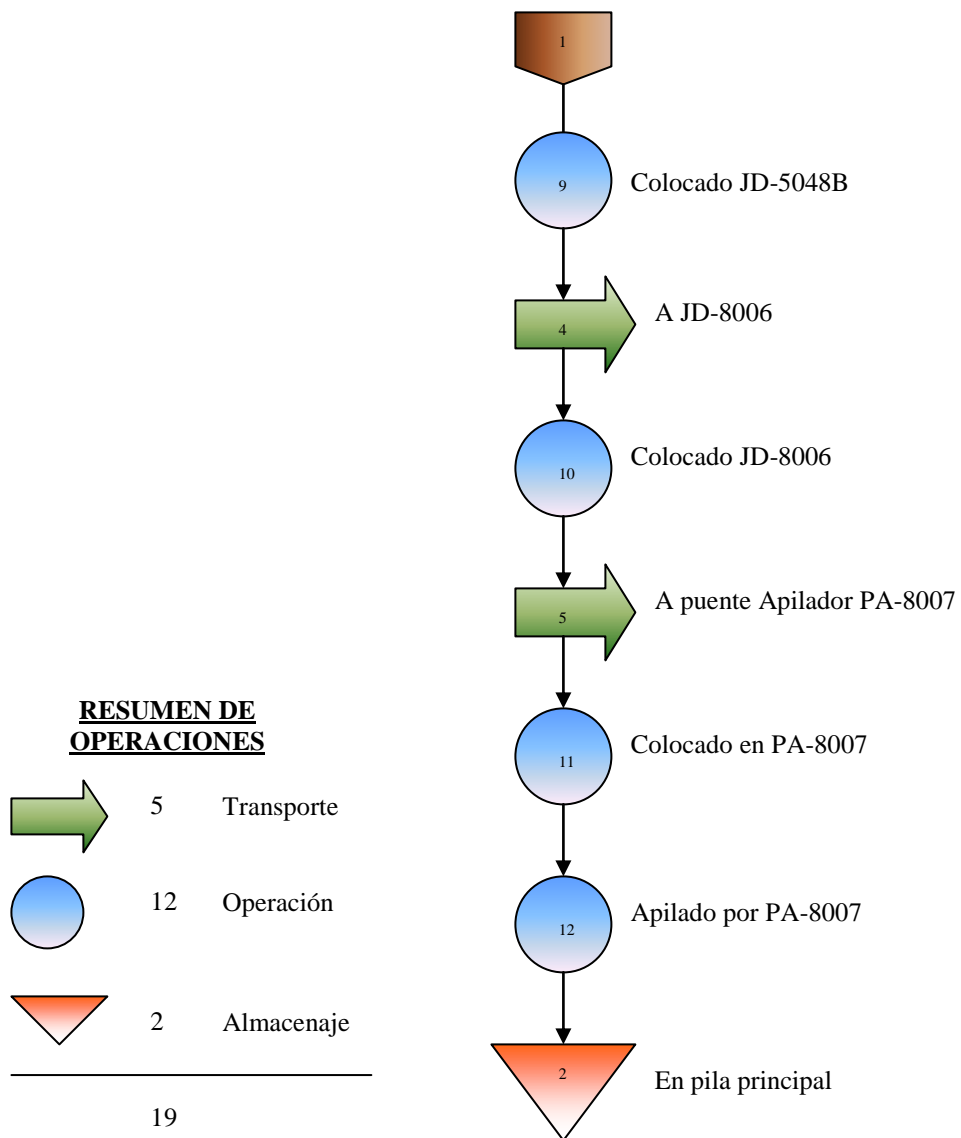
mayoría, conectado a cada una de las tolvas se encuentra un feeder (ver anexo 12.), el cual es arrancado manualmente por el operario, el feeder es una correa que cumple la función de depositar el mineral descargado en la tolva, en la correa JD-8040(ver anexo 13), esta correa transportara el mineral hasta la correa JD-8041, en ella se encuentra la balanza (ver anexo 14) que permite conocer el tonelaje de mineral descargado en la fosa multipropósito, aunque es bastante constante, ya que cada vagón tiene una capacidad de 90 toneladas y el numero de vagones descargados es controlado.

En cuanto al puente el proceso es el mismo debe darse arranque al puente manualmente por el operario e informar al control central que el equipo esta disponible para operar, luego los operadores del control central darán arranque al sistema de correas que permiten la transferencia de mineral desde la fosa multipropósito hasta el puente apilador para la conformación de pilas, JD-8006, JD-8041, JD-8040, antes de comenzar el envío de mineral de hierro desde la fosa al puente, debe verificarse que el winche este abajo, este es un dispositivo que se encuentre al final de la correa JD-8041, justamente donde se conecta con la JD-8006 , y sirve como un sistema de seguridad, ya que si se encuentra arriba no es posible arrancar las correas JD-8040, JD-8041. Si el winche se encuentra arriba esto da luz verde para que pueda procederse a la recuperación desde el FMC, y en el caso que el winche este bajo el sistema de correas que conectan al puente con el FMC no podrán arrancarse y solo se podrá enviar mineral desde la fosa multipropósito, esto se debe a que solo se puede recuperar mineral de un sector a la vez.



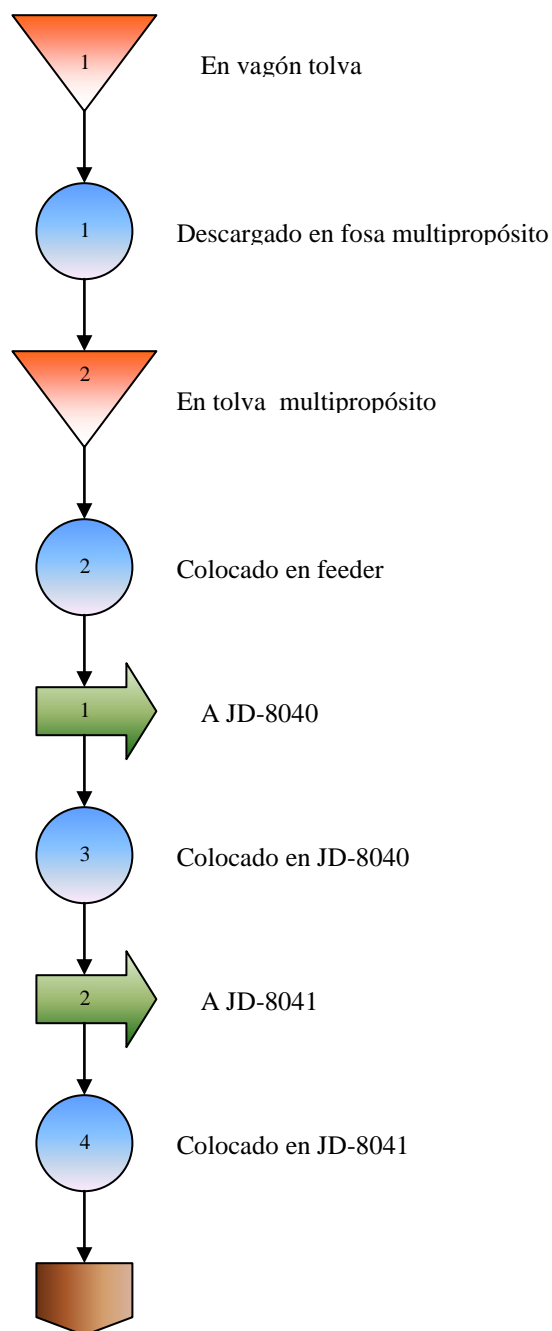
5.1.2.1 Diagrama de proceso puente apilador (desde FMC)

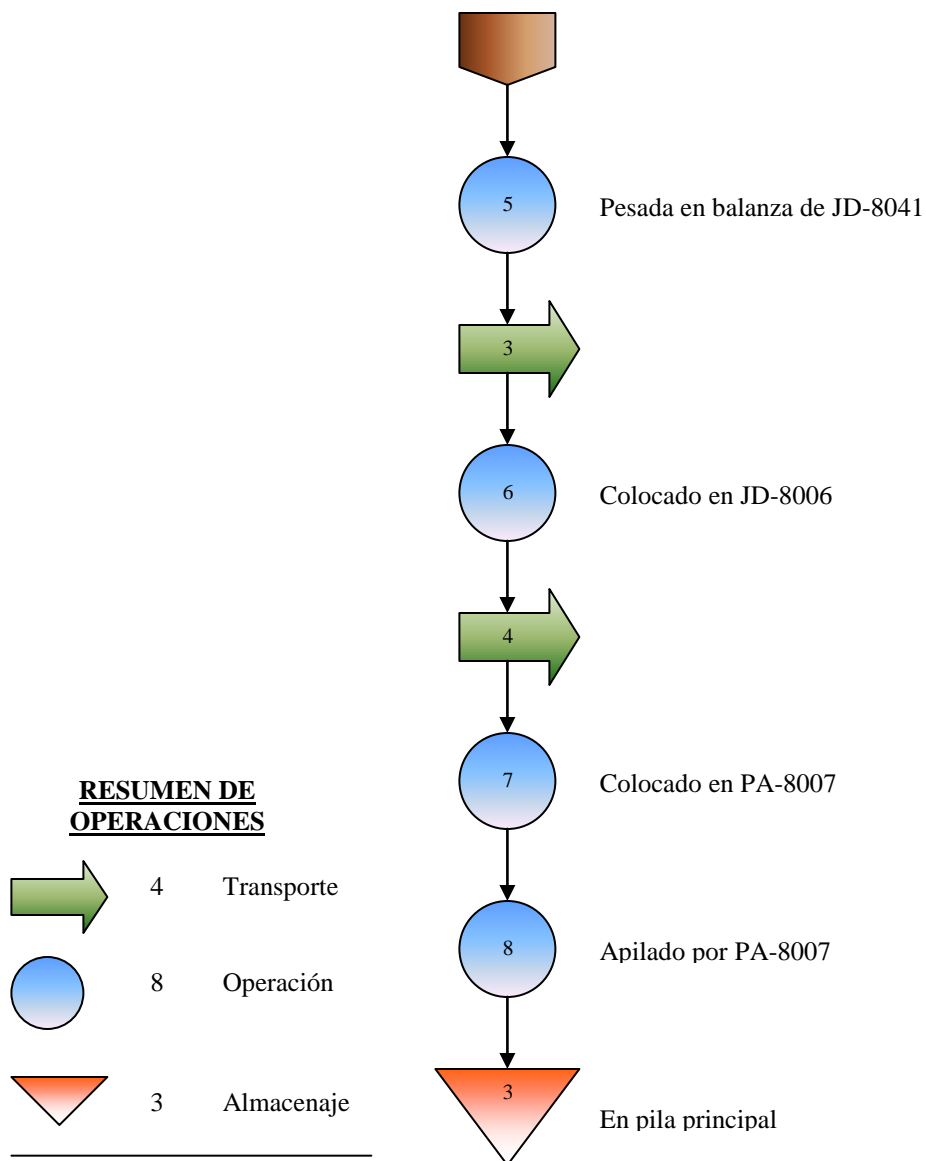






5.1.2.2 Diagrama de proceso puente apilador (desde multipropósito)







5.2 TAMAÑO DE LA MUESTRA

5.2.1 Determinación de Número de observaciones requeridas para el Puente Apilador cuando se recupera mineral desde el FMC:

Inicialmente se tomaron 22 muestras, las cuales se vaciaron en el formato de muestreo (ver apéndice A) desarrollado para llevar registro de los datos obtenidos en el proceso de apilamiento del mineral de hierro mediante el puente apilador cuando este es recuperado y enviado desde el recuperador FMC. Las muestras fueron tomadas solo en el caso en que se recuperó mineral desde el FMC hacia el puente apilador para su posterior apilamiento y no cuando se dividió el flujo de mineral hacia el puente y hacia la pila de homogenización norte, dado que no puede estimarse el tonelaje recuperado hacia cada sector, como fue expuesto en la limitaciones de este estudio

- Se tomó como porcentaje de error 10% y de confianza 90%.

Calculo de la desviación estándar para el Puente Apilador(desde FMC):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum RO^2 - \frac{(\sum RO)^2}{M}}{M - 1}}$$

Donde:

R.O = Rendimientos Operativos

M = muestras tomadas



$$\sigma = \sqrt{\frac{55.806.314,77 - \frac{1.154.929.435,49}{22}}{22-1}} ; \quad \sigma = 396,98$$

Se verificó la confiabilidad de la muestra a través de lo siguiente: se calculó el número de observaciones adicionales para el elemento de mayor desviación estándar, basados en la comparación en Im vs I. Utilizando las siguientes ecuaciones:

Cálculo del intervalo de Confianza para el Puente Apilador (desde FMC).

$$I = 2 * K * \bar{X}$$

Donde:

\bar{X} = Promedio de la muestra

K= 10% porcentaje de error

$$I = 2 * 0.10 * 1.544,74$$

$$I = 308,95$$

INTERVALO DE CONFIANZA DE LA MUESTRA (IM) PARA EL PUENTE APILADOR (DESDE FMC)

$$Im = \frac{2 * t * \sigma}{\sqrt{M}}$$

Donde:

σ = Desviación Estándar



t = Valor de la tabla t-student (ver anexo 15)

M = Tamaño de la muestra

$$I_m = \frac{2 * 1,7171 * 396,98}{\sqrt{22}}$$

$$I_m = 292,66$$

Se comparó I_m vs I considerando la siguiente condición:

Si $I_m \leq I$ Se acepta la muestra

Si $I_m \geq I$ Se requieren observaciones adicionales

$292,66 \leq 308,95$ es decir $I_m < I$; lo que indica que se acepta la muestra.

5.2.2 Determinación de Número de observaciones requeridas para el Puente Apilador cuando se recupera mineral desde la fosa multipropósito:

Inicialmente se tomaron 33 muestras las cuales se vaciaron en el formato de muestreo (ver apéndice B) desarrollado para llevar registro de los datos obtenidos en el proceso de apilamiento del mineral de hierro mediante el puente apilador cuando este es descargado y enviado desde la fosa multipropósito. Las muestras fueron tomadas cada vez que se utilizó la fosa multipropósito para enviar mineral de hierro hacia el puente apilador, para la posterior conformación de pilas, en este caso no hubo ningún tipo de complicación a la hora de la toma de muestras, ya que la balanza que se encuentra en la correa JD 8041 contabiliza las toneladas descargadas en la fosa multipropósito que serán directamente enviadas al puente.



- Se tomó como porcentaje de error 10% y de confianza 90%.

Calculo de la desviación estándar para el Puente Apilador (desde multipropósito):

$$\sigma = \sqrt{\frac{31.618.747,27}{33-1} - \frac{966.443.114,72}{33}} ; \sigma = 270$$

Se verificó la confiabilidad de la muestra a través de lo siguiente: se calculó el número de observaciones adicionales para el elemento de mayor desviación estándar, basados en la comparación en I_m vs I . Utilizando las siguientes ecuaciones:

Cálculo del intervalo de Confianza para el Puente Apilador (desde multipropósito).

$$I = 2 * 0.10 * 942,05$$

$$I = 188,41$$

INTERVALO DE CONFIANZA DE LA MUESTRA (I_m) PARA EL PUENTE APILADOR (DESDE MULTIPROPÓSITO)

$$I_m = \frac{2 * 1,6924 * 270}{\sqrt{33}}$$

$$I_m = 159,1$$

Se comparó I_m vs I considerando la siguiente condición:



Si $Im \leq I$ Se acepta la muestra

Si $Im \geq I$ Se requieren observaciones adicionales

$159,1 \leq 188,41$ es decir $Im < I$; lo que indica que se acepta la muestra.

5.2.3 Determinación de Número de observaciones requeridas para los recuperadores horizontales Plows:

Inicialmente se tomaron 28 muestras las cuales se vaciaron en el formato de muestreo desarrollado para llevar registro de los datos obtenidos en el proceso de recuperación (ver apéndice C) para la recuperación del mineral de hierro por medio de los Recuperadores Horizontales Plows, las muestras fueron tomadas solo cuando se recupero mineral con dichos equipos para la carga del barco, dado que si se recuperaba mineral para el envío al carga barco en simultaneo con el recuperador Dravó, es imposible conocer el tonelaje recuperado por cada uno de los equipos, como ya fue expuesto anteriormente en las limitaciones de este estudio.

- Se tomó como porcentaje de error 10% y de confianza 90%.

Calculo de la desviación estándar para el Puente Apilador (desde multipropósito):

$$\sigma = \sqrt{\frac{21.873.384,17 - \frac{575.366.718,19}{28}}{28-1}} ; \quad \sigma = 221,5$$



Se verificó la confiabilidad de la muestra a través de lo siguiente: se calculó el número de observaciones adicionales para el elemento de mayor desviación estándar, basados en la comparación en I_m vs I . Utilizando las siguientes ecuaciones:

Cálculo del intervalo de Confianza para el Puente Apilador (desde multipropósito).

$$I = 2 * 0.10 * 856,67$$

$$I = 171,33$$

INTERVALO DE CONFIANZA DE LA MUESTRA (I_m) PARA EL PUENTE APILADOR (DESDE MULTIPROPÓSITO)

$$I_m = \frac{2 * 1,7011 * 221,5}{\sqrt{28}}$$

$$I_m = 142,41$$

Se comparó I_m vs I considerando la siguiente condición:

Si $I_m \leq I$ Se acepta la muestra

Si $I_m \geq I$ Se requieren observaciones adicionales

$142,41 \leq 171,33$ Es decir $I_m < I$; lo que indica que se acepta la muestra.



5.3 CALIFICACIÓN DE VELOCIDAD

Como se expuso con anterioridad el puente apilador es una equipo el cual no se encuentra automatizado por lo que necesita un operador, el cual se encarga de su manejo, arrancando el sistema de correas trasportadores del puente JD-8007, JD-8008, JD-8009 y ubicando el equipo en el metraje asignado para la conformación de las pilas en la pila principal, también debe asegurarse de que el proceso se realice con total normalidad y debe verificar e inspeccionar constantemente que los diferentes componentes del equipo funcionen correctamente.

En el caso de los recuperadores horizontales Plows la labor del operario es similar, este debe ubicar los recuperadores Plows en el metraje asignado por el plan de carga, subir las planchas de acero q determinarán los límites de traslación del equipo, para luego informar al control central que de arranque al sistema de correas y al mismo equipo. También debe verificar e inspeccionar q el proceso de recuperación se este realizando con normalidad y en caso contrario informar al personal de mantenimiento lo ocurrido, aunque algunas veces realizan tareas de mantenimiento simples, para lograr que el equipo siga operando.

Se asignara una calificación de velocidad de 1.0 a los operadores de ambos equipos, esto se debe a que el proceso esta controlado por una maquina, por lo que serán calificados como normales, ya que la velocidad no puede ser cambiada o modificada a voluntad del operario, por lo tanto el desempeño del operario no influirá directamente en la eficiencia del proceso.



5.4 CALCULO DEL RENDIMIENTO NORMAL

Puente apilador (recuperación desde FMC)

$$RPS = \frac{\sum T}{n} = \frac{33.984,25}{22} = 1.544,74 \text{ } Tm/hr$$

$$RN => RPS \times Cv = 1544,74 \times 1.0 = 1544,74 \text{ } Tm/hr$$

$$RN = 1544,74 \text{ } Tm/hr$$

RPS = rendimiento promedio seleccionado

RN = rendimiento normal

Puente Apilador (desde fosa multipropósito)

$$RPS = \frac{\sum T}{n} = \frac{31.087,67}{33} = 942,05 \text{ } Tm/hr$$

$$RN => RPS \times Cv = 942,05 \times 1.0 = 942,05 \text{ } Tm/hr$$

$$RN = 942,05 \text{ } Tm/hr$$

Recuperadores Horizontales Plows

$$RPS = \frac{\sum T}{n} = \frac{23.986,80}{28} = 856,67 \text{ } Tm/hr.eq$$

$$RN => RPS \times Cv = 856,67 \times 1.0 = 856,67 \text{ } Tm/hr.eq$$



$$RN = 856,67 \frac{Tm}{hr.eq}$$

5.5 CÁLCULO DE TOLERANCIAS

Las tolerancias nos servirán como una holgura que será agregada al rendimiento normal calculado para el puente apilador y para los recuperadores horizontales Plows, generalmente debe tenerse en cuenta a la hora del cálculo de tolerancias, las necesidades personales, fatiga del operador y las demoras inevitables, ya que las evitables pueden corregirse.

Para este estudio las tolerancias agregadas al rendimiento normal solo estarán comprendidas por el porcentaje de demoras inevitables, dado que las necesidades personales y la fatiga del operador no afectaran la productividad y eficiencia del proceso, esto se deba a que los equipos funcionan de manera automática, por lo que el desempeño del operador no influirá de manera directa en el desarrollo de los procesos de apilamiento y recuperación del mineral de hierro mediante los equipos a estandarizar en este trabajo.

5.6 ANÁLISIS DE DEMORAS

A continuación se determinara el porcentaje de demoras evitables e inevitables, las demoras más frecuentes que afectan a los procesos de recuperación y apilamiento del mineral de hierro, así como también las causas de dichas demoras



5.6.1 Puente Apilador (desde FMC)

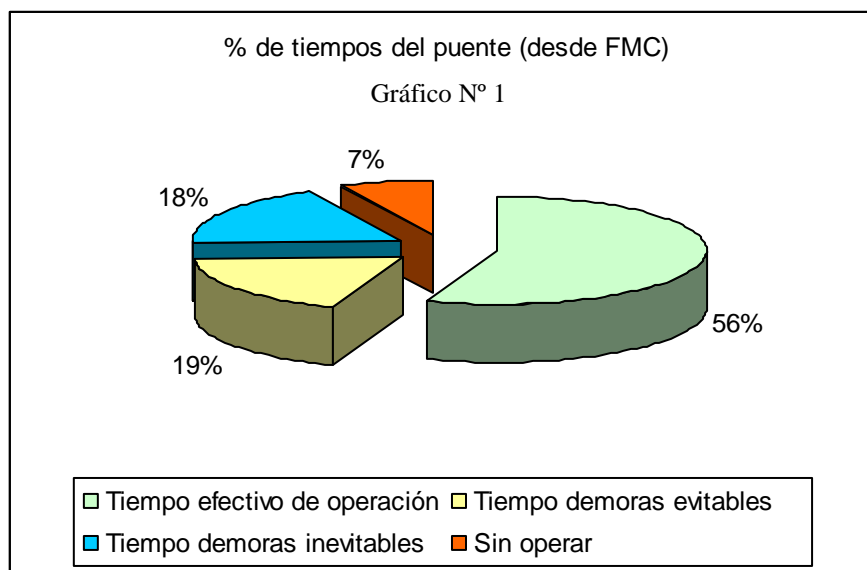
Tabla 1. Demoras resultantes del muestreo del proceso de apilamiento mediante el puente apilador cuando se recupera mineral por medio del recuperador FMC clasificadas como evitables o inevitables.

Tabla N ° 1				
Demora	Frecuencia	Tiempo	Tipo	Clasificación
Caída de tensión	1	10	E	Evitable
Cambiando grapa	1	40	C	Evitable
Cambiando rodillo de alineación de retorno	1	60	M	Evitable
Carrito desalineado	1	75	M	Evitable
Chequeando sistema	1	25	V	Evitable
Completando aceite a la turbina	1	45	M	Evitable
Deslizamiento Limpiando	4	252	V	Evitable
Destrancando polea de cola	1	60	O	Evitable
Desvío de cola y de cabeza	1	30	I	Evitable
Disparo de temperatura de devanado	1	31	E	Evitable
Falla eléctrica	1	35	E	Evitable
Falla en el speed switch	2	65	I	Evitable
Falla pata norte y sur	3	95	E	Evitable
Fallo de conexión	1	80	E	Evitable
Falso contacto en motor	1	30	E	Evitable
Manguera del Speed switch rota	1	35	I	Evitable
Recortando empalme	2	495	V	Evitable
Alto por inventario	1	130	V	Inevitable
Cambio de turno	30	670	A	inevitable
limpiando contrapeso	1	14	O	inevitable
limpiando embudo	12	518	O	inevitable
Limpiando polea de quiebre	1	25	O	inevitable
Parada por lluvia	1	90	N	inevitable
parada por requerimiento	1	60	A	inevitable
Ubicando puente	6	540	O	inevitable
Ubicando recuperador en pila FPF 07	5	415	V	inevitable



Tabla N° 2			
Tiempos	%	Min	Hs
Tiempo efectivo de operación	55,63	5874	97,9
Tiempo demoras evitables	18,76	1981	33,02
Tiempo demoras inevitables	18,41	1944	32,40
Sin operar	7,21	761	12,68
TOTAL	100	10.560	176,00

Tabla 2. Composición del tiempo del proceso de apilamiento mediante el puente apilador (desde FMC)

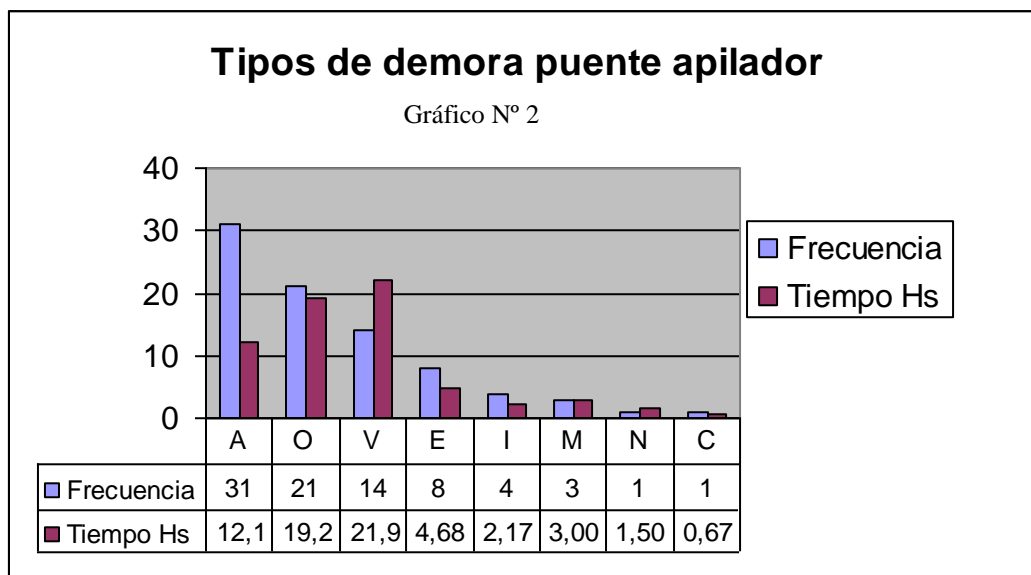


En el grafico 1. Se observa que el porcentaje de tiempo efectivo de operación es de 56%, el de demoras evitables 19%, el de demoras inevitables 18% y el tiempo en que el equipo no esta siendo operado es de 7%. El 18% de demoras inevitables es el porcentaje de tolerancias, que se utilizará para el cálculo del rendimiento operativo estándar.



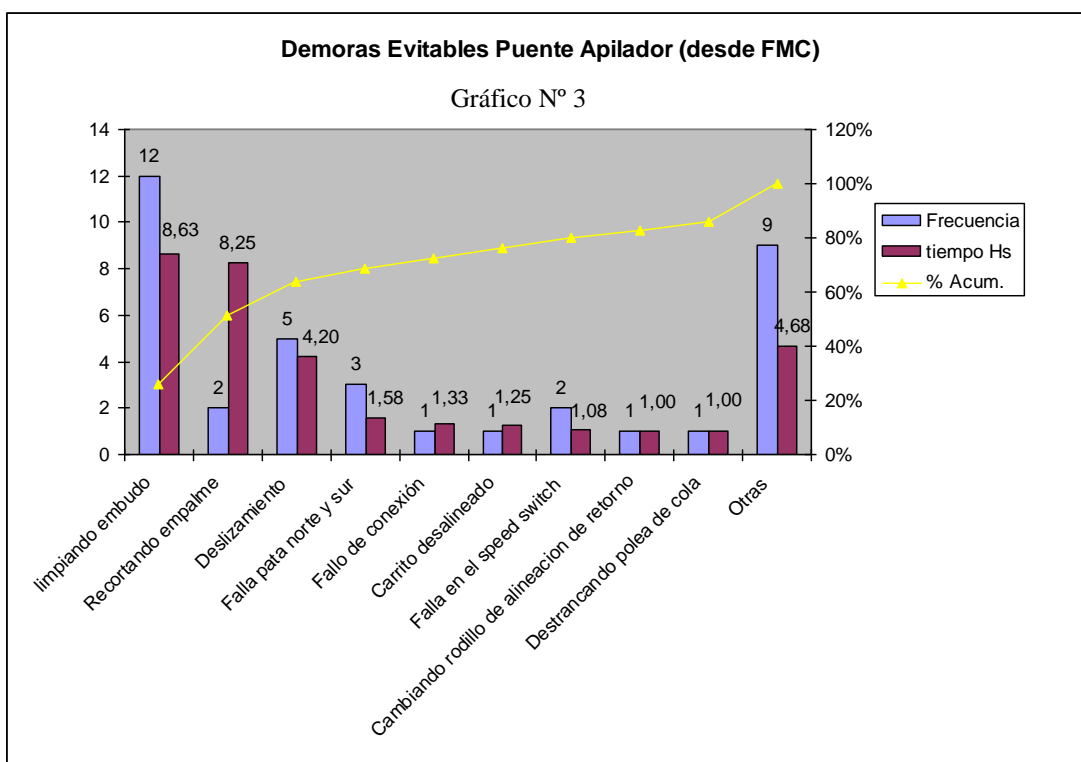
Tabla N° 3				
Tipo	Identificación	Frecuencia	Tiempo Hs	Tiempo Min
Paradas Programadas	A	31	12,17	730
Operativa	O	21	19,28	1157
Varias	V	14	21,95	1317
Eléctrica	E	8	4,68	281
Automatización y control	I	4	2,17	130
Mecánica	M	3	3,00	180
Causas naturales	N	1	1,50	90
Correa	C	1	0,67	40
TOTAL		83	65,42	3925

Tabla 3. Demoras por tipo presentes en el proceso de apilamiento del MH mediante el puente apilador (desde FMC)



En el grafico 2 se observa las demoras de tipo A (paradas programadas) son las que se han producido con mayor frecuencia (31), y

con una duración (19,92 hs), las demoras de tipo O(operativa) y V(varias) también han sido de significativa importancia, ya que se han producido con una frecuencia de 21 y 14, y una duración de 19,2 hs y 21,9 hs respectivamente a lo largo del periodo de muestreo del proceso de apilamiento del mineral de hierro mediante el puente apilador cuando se recupera mineral desde el recuperador FMC.



En el gráfico 3 se observa que la demora evitable de mayor importancia que se presentó en el periodo de muestreo del proceso de apilamiento de mineral de hierro mediante el puente apilador cuando se recupera mineral desde el recuperador FMC es limpiando embudo con un tiempo total de 8,63 hs y con una frecuencia 12 veces a lo largo del estudio, la segunda de mayor importancia, fue recortando empalme la cual presentó

un tiempo total de 8,25 Hs y una frecuencia de 2 veces, la demora deslizamiento limpiando también es de suma importancia ya que tuvo un tiempo total de 4,20 Hs y una frecuencia de 5 veces, las otras demoras no fueron de gran importancia ya que se presentaron en escasas oportunidades y con un tiempo relativamente bajo.

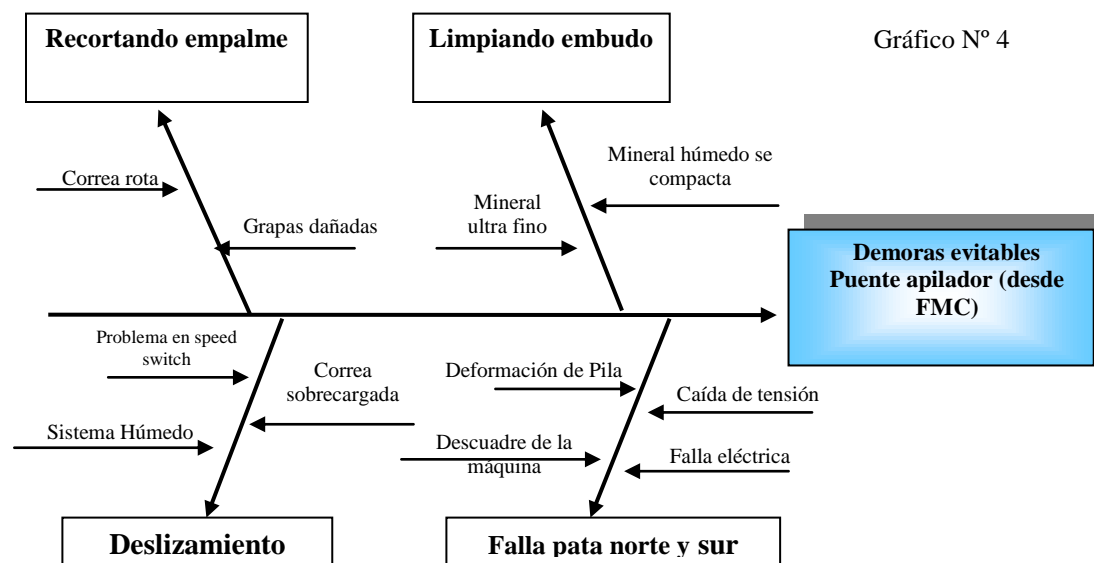


Grafico 4. Diagrama causa-efecto demoras evitables puente apilador (desde FMC)

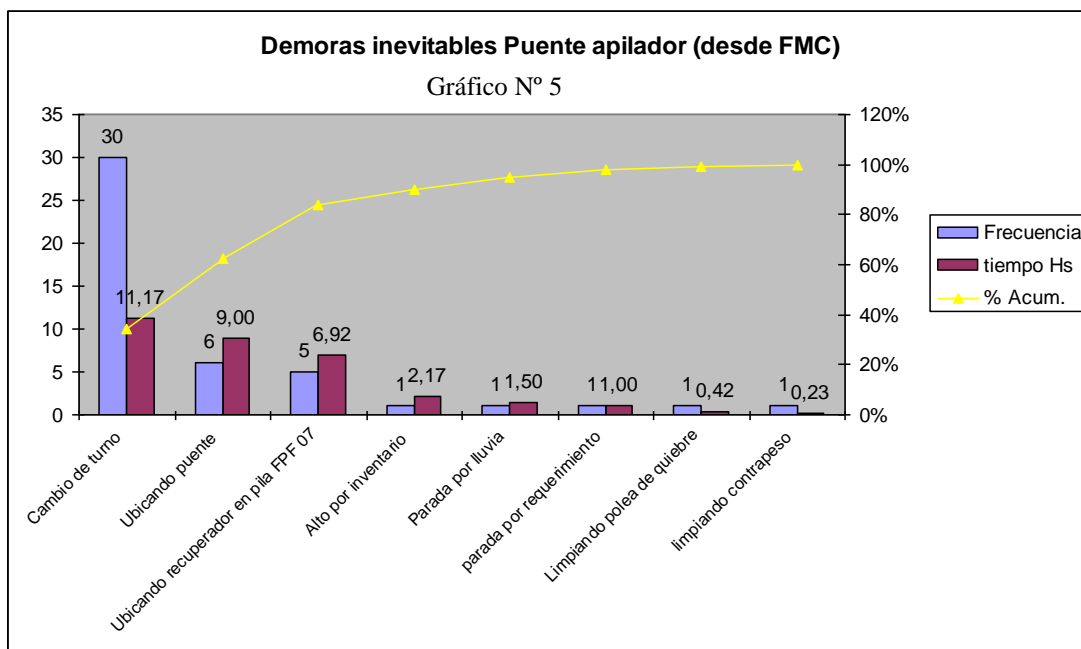
Limpiando embudo: Los embudos del FMC y del puente apilador a veces se bloquean con el mismo mineral de hierro el cual se compacta, debido a la humedad adquirida por las lluvias, también cuando se apila mineral ultrafino, este se compacta aunque no este húmedo, debido a las propiedades físicas propias de este tipo de mineral, también puede darse el caso en que el flujo de mineral que es transportado es muy grande, por lo que los embudos no tienen la capacidad para soportarlo, por ello el embudo se tapa, teniendo que detener el proceso para proceder a la limpieza de los embudos y permitir que el proceso continúe desarrollándose con normalidad.



Recortando empalme: Debido a problemas en la correa ya sea por rotura de la misma o por desgaste, o por algún factor ajeno al proceso la correa debe cortarse y empalmarse, esto puede realizarse con grapas, o también pueden unirse las cintas con un método de vulcanización.

Deslizamiento: Esta demora se produce cuando la correa patina por que el sistema se encuentra mojado debido a las lluvias, otra factor es que la correa se encuentre sobrecargada, lo que producirá un deslizamiento en la polea o los rodillos encargados de mover la correa transportadora, también puede existir el caso en que el speed switch tenga problemas, mas especifica mente en el cardán del speed switch, lo que producirá una falla en el sistema, el cual se interpretara como un deslizamiento por ello el sistema se bloqueara y no será posible el arranque de las correas.

Falla pata norte y sur: Esta es una demora propia del recuperador FMC, las patas son las que se encargan de la traslación del equipo, las cuales se mueven a medida que el equipo recupera el mineral de hierro, las causas mas frecuentes se deben a fallas eléctricas o caídas de tensión, pero otra de las causas de este tipo de demora es el descuadre de las patas esto se debe muchas veces a la acumulación de mineral de hierro en los rieles sobre los cuales se mueve el equipo, estas causas son las mismas tanto para el sistema de traslación del FMC, como del puente apilador solo que en el periodo de muestreo no se presento este tipo de demora para este ultimo equipo.



En el grafico 5 se observa que la demora inevitable de mayor importancia que se presento en el periodo de muestreo del proceso de apilamiento de mineral de hierro mediante el puente apilador cuando se recupera mineral desde el recuperador FMC es cambio de turno con un tiempo total de 11,17 hs y con una frecuencia 30 veces a lo largo del estudio, la segunda de mayor importancia, fue ubicando puente, la cual presento un tiempo total de 9 hs y una frecuencia de 6 veces, la demora ubicando recuperador en pila también es de suma importancia ya que tuvo un tiempo total de 6,92 hs y una frecuencia de 5 veces, las otras demoras no fueron de gran importancia ya que se presentaron en escasas oportunidades y con un tiempo relativamente bajo.

Ubicando Puente: esta demora se produce cuando debe pararse el proceso, debido a que debe moverse el puente apilador de pila ya sea por que se completo la pila o por que se desea apilar otro tipo de mineral y no se



encuentra ubicado en la pila correcta. Por lo tanto el operador debe mover la estructura manualmente desde la cabina de control hasta colocarlo en el metraje correcto en el cual se desea conformar la pila.

Ubicando recuperador: esta demora es similar a la anterior solo que en este caso, debe detenerse el proceso debido a que se cambiara el recuperador FMC a una pila de mineral de hierro diferente.

5.6.2 Puente apilador (desde multipropósito)

Tabla 4. Demoras resultantes del muestreo del proceso de apilamiento mediante el puente apilador cuando se descarga mineral por la fosa multipropósito clasificadas como evitables o inevitables.

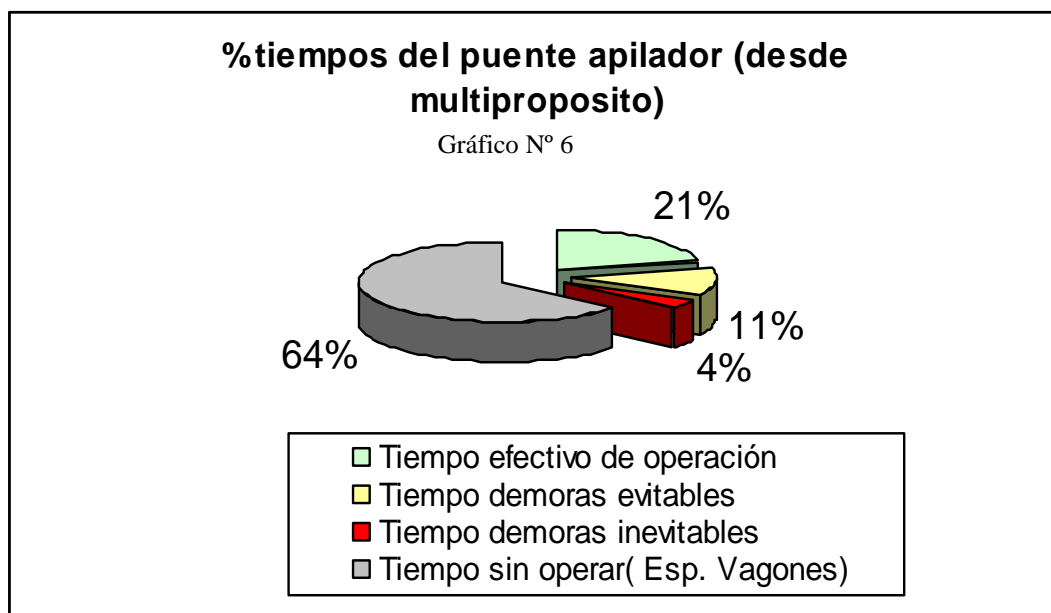
Tabla N° 4				
Demora	Frecuencia	Duración	Clase	Clasificación
Buscando corte	15	433	F	Inevitable
Haciendo maniobra	1	30	F	Inevitable
Limpiando polea de cola	1	15	O	Inevitable
sacando piedras	1	170	V	Inevitable
Ubicando Puente	4	110	O	Inevitable
Caída de tensión	1	110	E	Evitable
Chequeando señal de atasco	1	16	I	Evitable
Correa rota	2	424	C	Evitable
Esperando tripulación	8	835	F	Evitable
Esperando vagones	56	9736	F	Evitable
FD 8041A desalineada	1	120	M	Evitable
Rep. Speed Switch	1	75	I	Evitable
Vagón no abre	2	85	F	Evitable



* La demora esperando vagones no se utilizara como parte del calculo de las demoras evitables, ya que cuando se produce esta, significa que el equipo no esta siendo utilizado debido a que no hay vagones que descarguen mineral, por lo que se apartará esta demora.

Tabla N° 5			
Tiempos	%	Min	Hs
Tiempo efectivo de operación	21,27	3240	54
Tiempo demoras evitables	11,36	1730	28,83
Tiempo demoras inevitables	3,86	588	9,80
Tiempo sin operar(Esp. Vagones)	63,50	9671	161,18
TOTAL	36	15.229	92,63

Tabla 5. Composición del tiempo del proceso de apilamiento mediante el puente apilador (desde multipropósito)

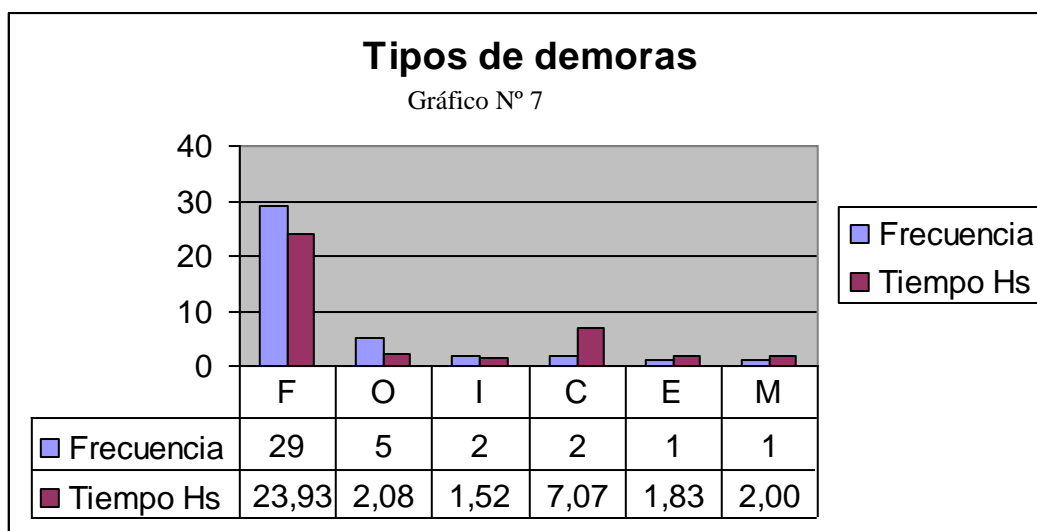




En el grafico 6 se observa que el porcentaje de tiempo efectivo de operación es de 21%, el de demoras evitables 11%, el de demoras inevitables 4% y el tiempo en que el equipo no esta siendo operado es de 64%. El 4% de demoras inevitables es el porcentaje de tolerancias, que se utilizará para el cálculo del rendimiento operativo estándar.

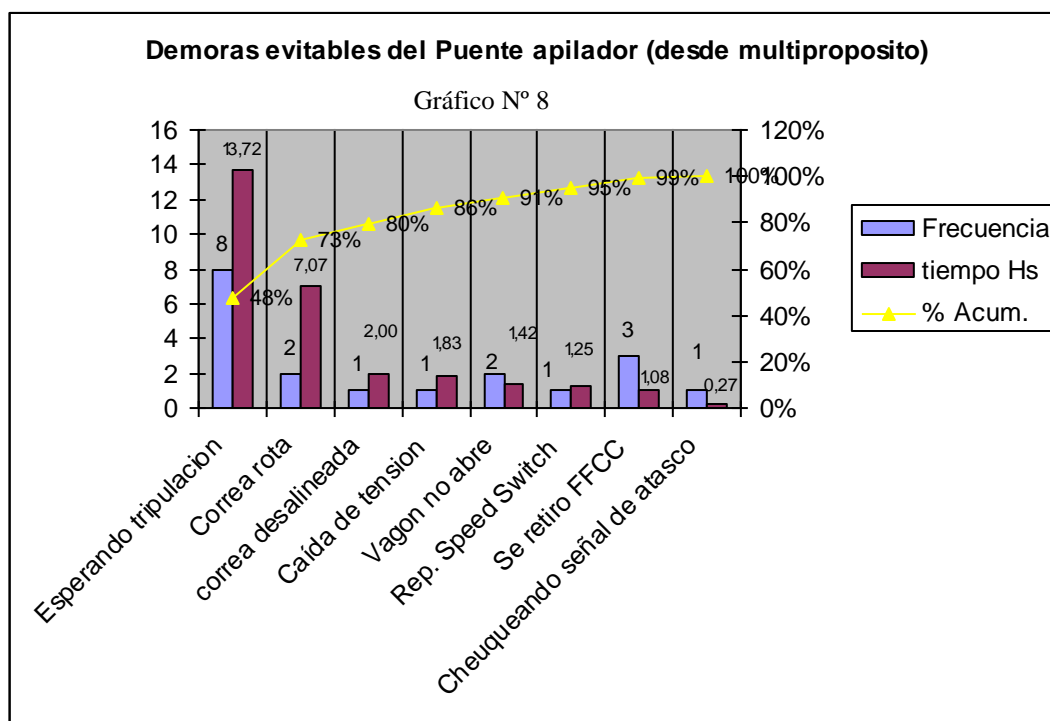
Tabla Nº 6				
Tipo	Identificación	Frecuencia	Tiempo Hs	Tiempo min
Ferrocarril	F	29	23,93	1436
Operativa	O	5	2,08	125
Automatización y control	I	2	1,52	91
Correa	C	2	7,07	424
Eléctrica	E	1	1,83	110
Mecánica	M	1	2,00	120
TOTAL		40	38,43	2.306

Tabla 6. Demoras por tipo presentes en el proceso de apilamiento del MH mediante el puente apilador (desde multipropósito)





En el grafico 7 se observa las demoras de tipo F (29) son las que se han presentado con mayor frecuencia (37) y también han sido las de mayor duración (23,93 hs), siendo esta la mas significativa del estudio dado que los otros tipos de demoras se han presentando en escasas oportunidades a lo largo del periodo de muestro, siendo las de tipo O (operativa) las segundas en cuanto a frecuencia de ocurrencia (5) pero con una corta duración (2,08 hs) y las de tipo C (correas) han sido las segunda en importancia en cuanto a tiempo de duración (7,7hs), pero con poca frecuencia (2) a lo largo del periodo de muestreo del proceso de apilamiento del mineral de hierro mediante el puente apilador cuando se recupera mineral desde la fosa multipropósito.



En el grafico 8 se observa que la demora evitable de mayor importancia que se presento en el periodo de muestreo del proceso de

apilamiento de mineral de hierro mediante el puente apilador cuando se recupera mineral desde la fosa multipropósito es esperando tripulación con un tiempo total de 13,72 hs y con una frecuencia 8 veces a lo largo del estudio, y la segunda de mayor importancia, fue correa rota la cual presento un tiempo total de 7,07 hs y una frecuencia de 2 veces, las otras demoras no fueron de gran importancia ya que se presentaron en escasas oportunidades y con un tiempo relativamente bajo.

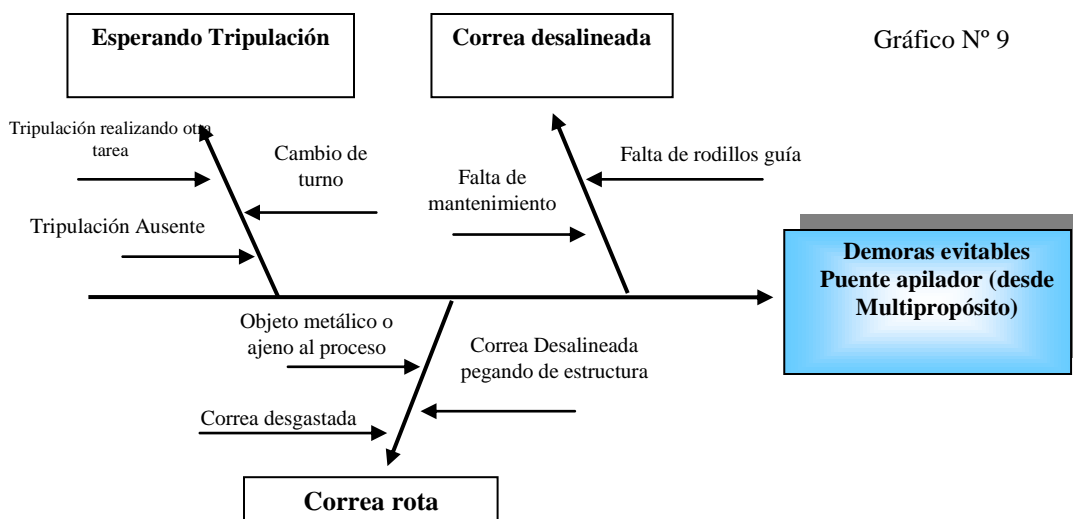


Grafico 9 Diagrama causa-efecto demoras evitables puente apilador (desde multipropósito)

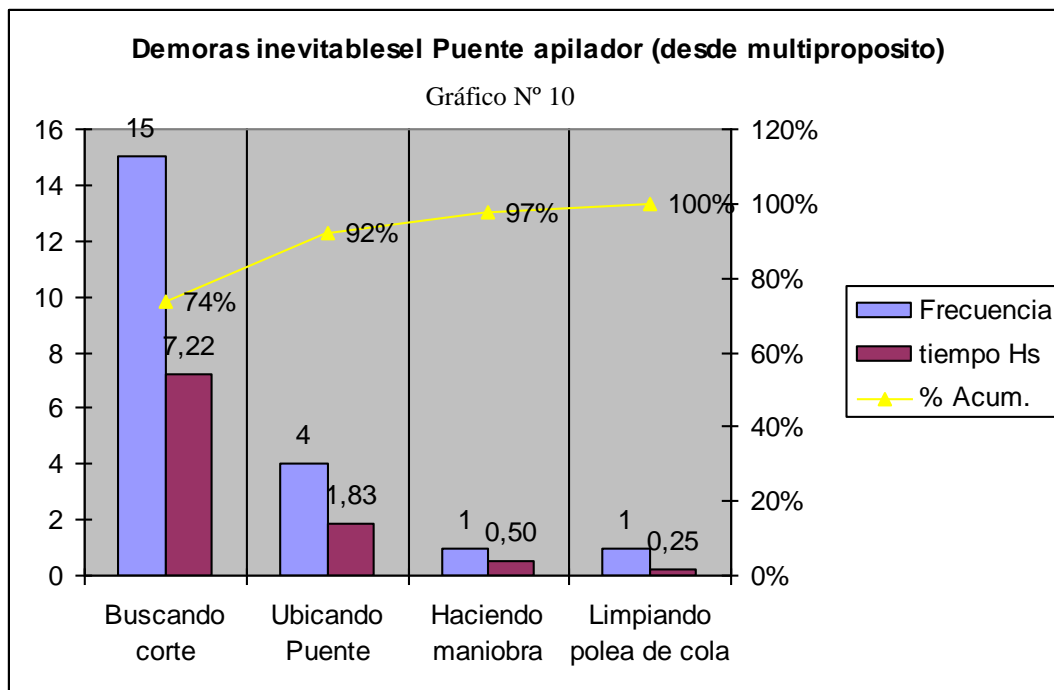
Esperando tripulación: Cuando el ferrocarril que trasporta mineral de rechazo de ToppCA y Orinoco Iron llega al patio de ferrominera algunas veces deben realizarse algunas tareas tales como ubicar el puente o tareas de mantenimiento para que sea posible descargar ese mineral en la fosa multipropósito, debido a que se tardara un tiempo considerable la tripulación del tren se retira, puede ser que sean solicitados para realizar otra tarea, o se produzca cambio de turno, o simplemente se retiren, el tiempo en que tardan



en volver luego de que la fosa multipropósito se encuentra disponible para ser utilizada, es el que se esta tomando en cuenta para esta demora.

Correa desalineada: Esta demora se produce cuando la correa transportadora la JD-8040 y JD-8041 para el periodo de muestreo , no se encuentra centrada, de tal forma que no es posible continuar el proceso, la correa se desalinea generalmente por la falta de los rodillos guía que son los encargados de mantener la correa en su posición o por la falta de mantenimiento de los mismo los cuales se salen de su posición, también puede darse el caso en que algún objeto grande ajeno al proceso caiga sobre la correa y la desalinee, existe casos en que la correa se desalinea de tal forma que no es posible hacerla arrancar, debido a que pega de la estructura del equipo por lo que deben cortarse unos centímetros de la correa para poder ponerla en funcionamiento y alinearla, también existen casos en que la correa se desalinea y roza constantemente de la estructura, lo que va produciendo un desgaste en la correa, el cual puede terminar rompiendo la misma.

Correa rota: Esta demora se produce cuando una correa se rompe y debe ser cambiada, las causas mas comunes de rotura de correas es la falta de mantenimiento preventivo, debido al mismo desgaste de la correa, otra de las causas es cuando la correa se desalinea y roza con la estructura del equipo, el constante contacto con la misma genera el desgaste, lo que puede llevar a la rotura de la correa , también objetos metálicos ajenos al procesos que hallan caído sobre la correa pueden provocar la rotura de la misma, existen casos en que las grapas que unen las correas se han soltado provocando la rotura de ella.



En el grafico 10 se observa que la demora inevitable de mayor importancia que se presento en el periodo de muestreo del proceso de apilamiento de mineral de hierro mediante el puente apilador cuando se recupera mineral desde la fosa multipropósito fue buscando corte con un tiempo total de 7,22 hs y una frecuencia de 15 veces a lo largo del estudio, y la segunda de mayor importancia, fue Ubicando puente la cual presento un tiempo total de 1,83 hs y una frecuencia de 4 veces, las otras demoras no fueron de gran importancia ya que se presentaron en escasas oportunidades y con un tiempo relativamente bajo.

Buscando corte: se considera como una demora inevitable; debido a que el espacio físico es limitado no es posible traer hacia la fosa multipropósito el total de vagones a vaciar, por ello se trae un numero de vagones los cuales constituyen un corte se vacían y se busca otro pequeño numero de vagones



(otro corte), la demora consiste en el tiempo de espera que transcurre mientras se busca un nuevo corte de vagones.

Ubicando Puente: esta demora se produce cuando debe pararse el proceso, debido a que debe moverse el puente apilador de pila ya sea por que se completo la pila o por que se desea apilar otro tipo de mineral y no se encuentra ubicado en la pila correcta. Por lo tanto el operador debe mover la estructura manualmente desde la cabina de control hasta colocarlo en el metraje correcto en el cual se desea conformar la pila.



5.6.3 Recuperadores Horizontales Plows

Tabla 7. Demoras resultantes del muestreo del proceso de recuperación del mineral de hierro mediante los recuperadores horizontales Plows clasificadas como evitables o inevitables.

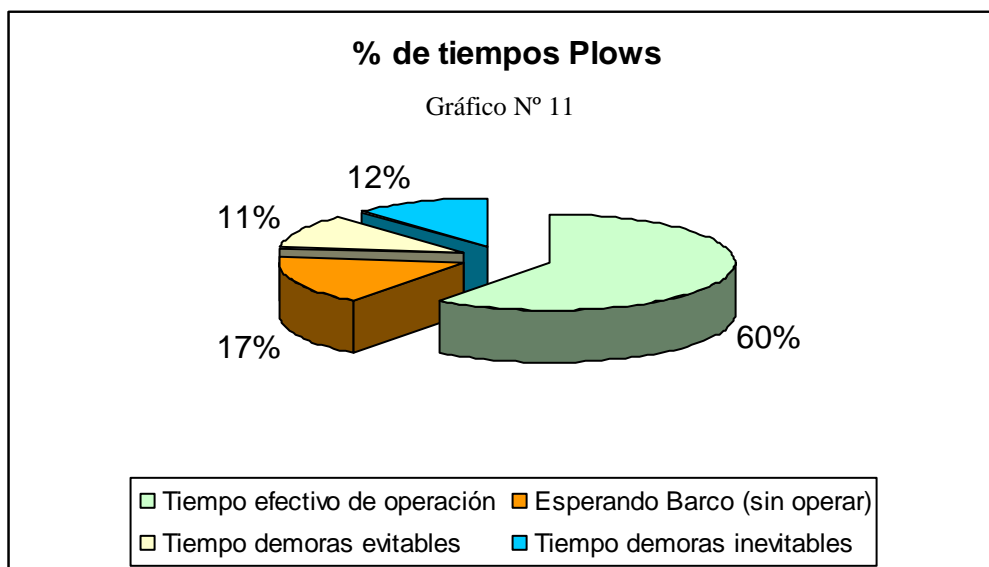
Tabla N° 7				
Demora	Frecuencia	Tiempo	Tipo	Clasificación
Esperando Barco	12	2100	A	
Falta de información	18	465	E	Evitable
falla en la traslación	7	115	E	Evitable
Falla en el convertidor	2	68	I	Evitable
Caída de tensión	2	61	E	Evitable
Falla en bobina dual	1	55	E	Evitable
Abriendo bodega	1	50	B	Evitable
Parada por reconfirmación de plan de carga	1	43	A	Evitable
Cambiando rodillo de retorno guía	2	40	M	Evitable
Falta Payloader	1	40	V	Evitable
deslizamiento chequeando speed switch	1	30	I	Evitable
Sacando mineral contaminado de túneles A yB	1	27	O	Evitable
Moviendo caja de choque	1	20	M	Evitable
Subiendo plancha con la grúa del barco	1	18	B	Evitable
falla eléctrica	1	15	E	Evitable
Falla de conexión	1	10	E	Evitable
Colocando Speed Switch	1	7	I	Evitable
Autoridad antidroga	4	116	B	Inevitable
Cambio de bodega	49	299	O	Inevitable
chequeando bodega	8	141	W	Inevitable
Chequeando calado	3	131	B	Inevitable
Comida	5	50	A	Inevitable
Tumbando puente	6	467	V	Inevitable
Despachando barco	6	60	B	Inevitable
Limpiando embudo	5	362	O	Inevitable
Limpiando rodillo de carga	1	15	O	Inevitable
Parada por lluvia	3	123	N	Inevitable
Esp. Por lo pesos	5	117	B	Inevitable



* La demora esperando Barco no se utilizara como parte del calculo de las demoras evitables, ya que cuando se produce esta, significa que el equipo no esta siendo utilizado, debido a que no hay barco en el muelle, por lo que se apartará esta demora.

Tabla Nº 8			
Tiempos	%	Min	Hs
Tiempo efectivo de operación	60,26	7.650,00	127,49
Esperando Barco (sin operar)	16,54	2.100	35,00
Tiempo demoras evitables	11,23	1426	23,77
Tiempo demoras inevitables	11,97	1519	25,32
TOTAL	100	12.695	211,58

Tabla 8. Composición del tiempo del proceso de recuperación del MH mediante los Plows.



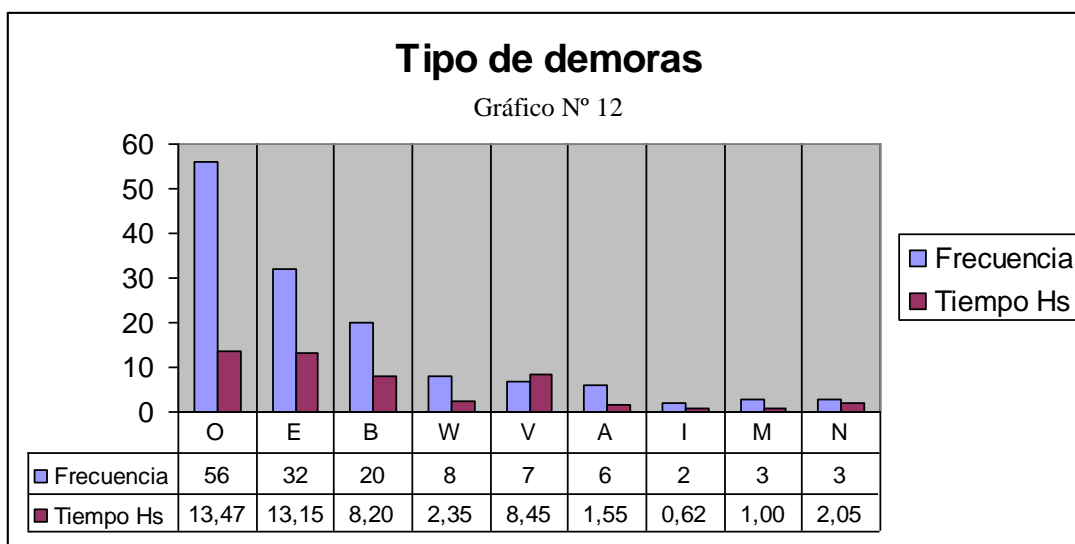
En el grafico 11 se observa que el porcentaje de tiempo efectivo de operación es de 60%, el de demoras evitables 11%, el de demoras



inevitables 12% y el tiempo en que el equipo no esta siendo operado es de 17%. El 12% de demoras inevitables es el porcentaje de tolerancias, que se utilizará para el cálculo del rendimiento operativo estándar.

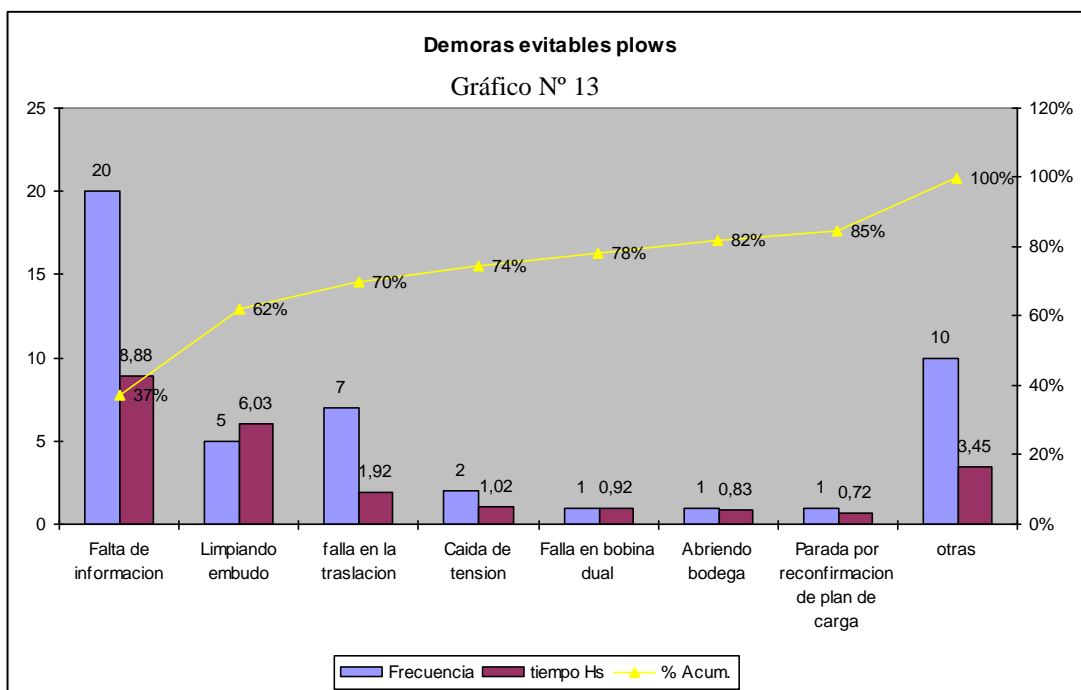
Tabla N° 9			
Tipo	Frecuencia	Tiempo Hs	Tiempo min
O	56	13,47	808
E	32	13,15	789
B	20	8,20	492
W	8	2,35	141
V	7	8,45	507
A	6	1,55	93
I	2	0,62	37
M	3	1,00	60
N	3	2,05	123
Total	137	49,08	2.945

Tabla 9 Demoras por tipo presentes en el proceso de recuperación del MH mediante los Plows





En el grafico 12 se observa que los tres tipos de demoras de mayor importancia en cuanto a frecuencia de ocurrencia son: O (operativa), B (barco) y E (eléctrica), con frecuencias de 56, 32 y 20 , con tiempos de 11,72 hs, 14,65 hs, 9,83 hs respectivamente.



En el grafico 13 se observa que la demora evitable de mayor importancia que se presento en el periodo de muestreo del proceso de recuperación de mineral de hierro mediante los Plows fue Falta de información con un tiempo total de 8,88 hs y una frecuencia de 20 veces a lo largo del estudio, y la segunda de mayor importancia, fue limpiando embudo la cual presento un tiempo total de 6,03 hs y una frecuencia de 5 veces, otra demora de menor importancia fue falla en la traslación la cual se presentó con una frecuencia de 7 veces y con un tiempo de 1,92 hs.

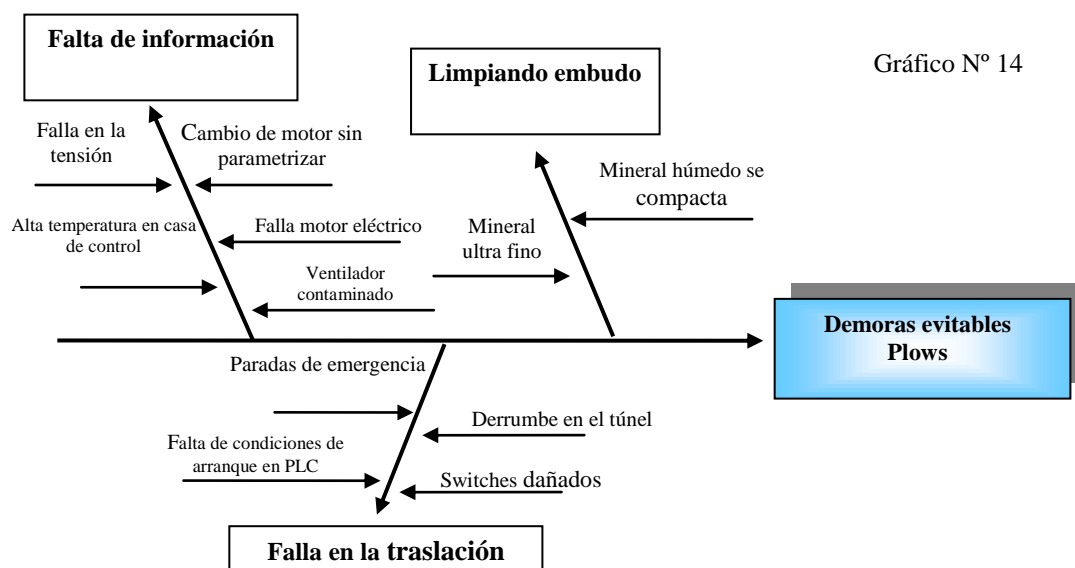


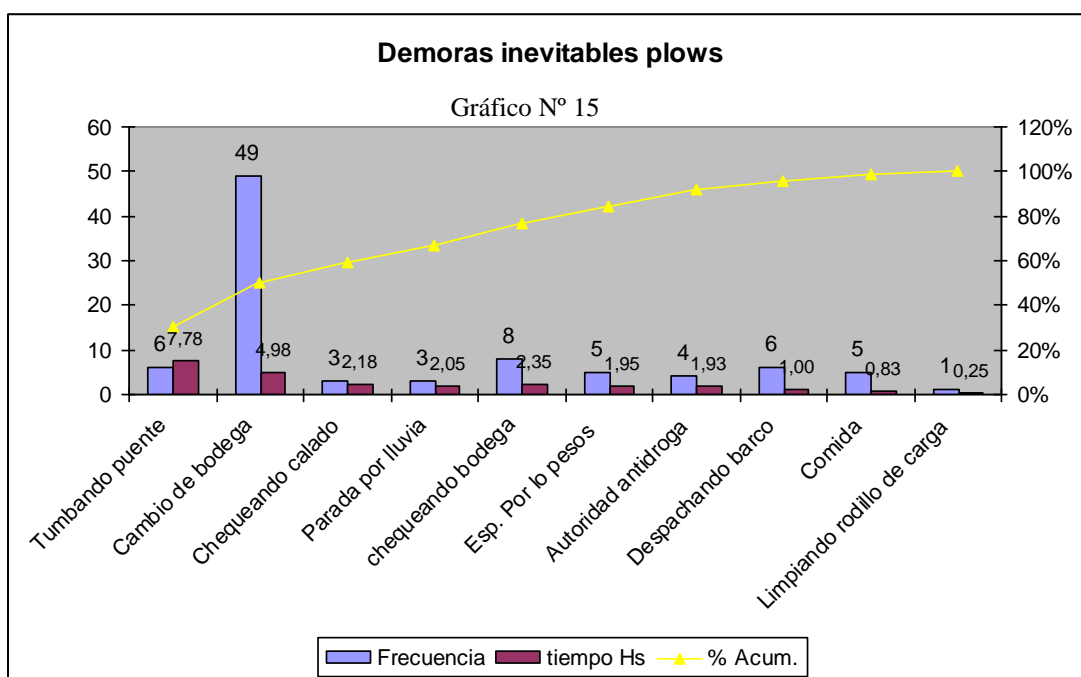
Grafico 14 Diagrama causa-efecto demoras evitables puente apilador (desde multipropósito)

Falta de información: Esta es una demora propia de los plows los cuales se ponen indisponibles siendo imposible dar arranque a los mismos, la falta de información es una falla eléctrica la cual se produce en el convertidor que hace posible que los motores de los plows tengan la energía eléctrica para funcionar, alguno de los problemas que pueden presentarse son: problemas en los fusibles del convertidor, fallas en el motor eléctrico, ventilador contaminado con mineral, que se haya producido un cambio de motor y no se haya realizado la parametrización del convertidor.

Falla en la traslación: Esta demora se produce básicamente cuando el sistema de traslación de los plows, no funciona o se encuentra indisponible, esto puede deberse a que el PLC (controlador lógico programado) el cual es cumple la función de sistema de control de los Plows, no cuenta con alguna



de las condiciones de arranque necesaria para dar inicio al proceso y permitir la traslación del mismo por el túnel desde el metraje inicial al metraje final, alguna de ellas puede ser que algunos de los switches se haya dañado o presenten algún problema, que el equipo no se encuentre en automático, que haya un derrumbe de mineral en el túnel o algún otro tipo de paradas de emergencia.



En el grafico 15 se observa que la demora inevitable de mayor importancia que se presento en el periodo de muestreo del proceso de recuperación de mineral de hierro mediante los Plows fue Tumbando puente con un tiempo total de 7,78 hs y una frecuencia de 6 veces a lo largo del estudio, y la segunda de mayor importancia, fue Cambio de bodega la cual presento un tiempo total de 4,98 hs y una frecuencia de 49 veces, otras demoras de menor importancia fueron chequeando calado , parada por lluvia y



chequeando bodega las cuales se presentaron con una frecuencia de 3,3 y 8 veces y con un tiempo de 2,18 hs , 2,05 hs y 2,35 hs respectivamente.

Tumbando puente: los puentes en el mineral de hierro se producen cuando el mineral se compacta, por lo tanto, este no cae hacia la plataforma por la que las rastras de los plows recuperan el mineral y lo que produce que el proceso de recuperación no sea uniforme, generando variaciones en el flujo de mineral que es enviado hacia el carga barcos, el o los operarios que se encuentren en los plows verificando que el proceso se realice con normalidad golpean con un tubo de acero la estructura de metal por la cual baja el mineral de hierro desde la pila principal, para de este modo poder desintegrar el material compactado y que este caiga normalmente a la plataforma de recuperación, existen casos en que no es posible desintegrar el puente de forma manual por lo que debe empujarse con un tractor o payloader el mineral desde la pila principal.

Cambio de Bodega: esta es una demora propia del proceso, ya que la carga del barco es dirigida por un plan de carga el cual especifica tonelaje a cargar , tipo de mineral, metraje que se recuperará, etc. Por lo tanto cada vez que se completa una bodega o dependiendo del calado, se debe cambiar el carga barco a la bodega estipulada.

Chequeando calado: esta demora se produce cuando debe verificarse que el calado del barco sea el correcto, El **calado** de un barco (generalmente se dice buque) es la distancia vertical entre un punto de la [línea de flotación](#) y la línea base o quilla, con el espesor del casco incluido; en el caso de no estar incluido, se obtendría el *calado de trazado*.



5.7 Calculo del Rendimiento Operativo estándar

$$ROE = RN * (1 - \sum tolerancias)$$

ROE= rendimiento operativo estándar

RN = RENDIMIENTO NORMAL

Para el calculo del ROE lo que se busca añadir un margen u holgura al Rendimiento normal, el cual no es mas que el rendimiento libre de demoras, para que al momento de la planificación se pueda cumplir con el estándar, dado que es un proceso la formula nos dice que debemos multiplicar el RN por uno menos la sumatoria de tolerancias, esto debido a que al darle una holgura al rendimiento normal este disminuirá su productividad y eficiencia justamente por las demoras que se producen en el proceso.

Puente apilador desde FMC

$$ROE = 1544,74 * (1 - 0.18)$$

$$ROE = 1544,74 * 0.82$$

$$ROE = 1266,69 \frac{Tm}{Hs}$$

$$TE = \frac{1 h}{1266,69 Tm} = 0.0007894 \frac{hs}{Tm}$$

Puente apilador desde Multipropósito



$$ROE = 942,05 * (1 - 0.04)$$

$$ROE = 942,05 * 0.96$$

$$ROE = 904,37 \text{ } Tm/Hs$$

$$TE = \frac{1 \text{ h}}{904,37 \text{ } Tm} = 0,001106 \text{ } hs/Tm$$

Recuperadores Horizontales Plows (por equipo)

$$ROE = 856,67 * (1 - 0.12)$$

$$ROE = 856,67 * 0.88$$

$$ROE = 753,87 \text{ } Tm/Hs.eq$$

$$TE = \frac{1 \text{ h}}{753,87 \text{ } Tm} = 0,001336 \text{ } hs/Tm$$



CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la investigación y del análisis realizado a los mismos, se concluye que:

1. Se determino el rendimiento operativo estándar (ROE) y el tiempo estándar (TE) para el proceso de apilamiento del mineral de hierro mediante el puente apilador cuando se recupera desde el recuperador FMC con un resultado de:

ROE	1266,69 tm/hr
TE	0.0007894 $\frac{hs}{Tm}$

2. Las demoras evitables más significativas presentes en el proceso de apilamiento del mineral de hierro cuando se recupera desde el FMC fueron: limpiando embudo, recortando empalme y deslizamiento limpiando con un tiempo total de 8,63 hs, 8,25 hs y 4,20 hs y con una frecuencia de 12, 2 y 5 veces respectivamente.

3. Las demoras inevitables más significativas presentes en el proceso de apilamiento del mineral de hierro cuando se recupera desde el FMC fueron: cambio de turno, ubicando puente y ubicando recuperador en pila con un tiempo total de 11,17 hs, 9 Hs y 6,92 Hs y con una frecuencia 30, 6 y 5 veces respectivamente.

4. Se determino el rendimiento operativo estándar (ROE) y el tiempo estándar (TE) para el proceso de apilamiento del mineral de hierro mediante el puente apilador cuando se recupera desde la fosa multipropósito con un resultado de:



ROE	904,37 tm/hr
TE	0,001106 ^{hs} / _{T_m}

5. Las demoras evitables más significativas presentes en el proceso de apilamiento del mineral de hierro cuando se recupera desde la fosa multipropósito fueron: esperando tripulación y correa rota con un tiempo total de 13,72 hs y 7,07 hs y con una frecuencia 8 y 2 veces respectivamente.

6. Las demoras inevitables más significativas presentes en el proceso de apilamiento del mineral de hierro cuando se recupera desde la fosa multipropósito fueron buscando corte y Ubicando puente con un tiempo total de 7,22 hs y 1,83 hs y con una frecuencia 15 y 4 veces respectivamente.

7. Se determino el rendimiento operativo estándar (ROE) y el tiempo estándar (TE) para el proceso de recuperación del mineral de hierro mediante los recuperadores horizontales Plows por equipo con un resultado de: 753,87 tm/hr.eq

ROE	753,87 tm/hr.eq
TE	0,001336 ^{hs} / _{T_m}

8. Las demoras evitables más significativas presentes en el proceso de recuperación del mineral de hierro mediante los recuperadores horizontales Plows fueron Falta de información, limpiando embudo y falla en la traslación con un tiempo total de 8,88 hs, 6,03 hs y 1,92 hs. y con una frecuencia 20, 5 y 7 veces respectivamente.



9. Las demoras inevitables más significativas presentes en el proceso de recuperación del mineral de hierro mediante los recuperadores horizontales Plows fueron Tumbando puente y Cambio de bodega con un tiempo total de 7,78 hs y 4,98 hs y con una frecuencia 6 y 49 veces respectivamente.



RECOMENDACIONES

Para logra la Optimización el proceso de apilamiento y el proceso de recuperación se recomienda cumplir con las siguientes acciones:

1. Informar al departamento de planificación de PMH y a la gerencia de comercialización y ventas, el ROE y el TE determinado para ambos procesos, de modo que sean utilizados como herramienta para la planificación de las operaciones de despacho, así como también para la programación de embarque.
2. Instalar una romana en la correa JD-8012, esto permitirá conocer con exactitud el tonelaje recuperado por los Plows, aunque estos trabajen simultáneamente con el Dravó, lo que proveerá mayor control en la planificación de despacho y producción, al igual que suministrara información valiosa para el cálculo de estándares operativos de dichos equipos.
3. Instalar una romana en la correa JD-8006 o en la JD-8008, esto permitirá conocer con exactitud el tonelaje Apilado por el Puente apilador, sin importar si se esta dividiendo el flujo de mineral de hierro hacia la pila principal y hacia la pila norte.
4. Realizar mantenimiento y limpieza a los embudos en los momentos en el equipo no se encuentre operativo, así como también variar la velocidad del flujo dependiendo de la situación de los embudos para prevenir que se tranquen y evitar detener el proceso para su limpieza.



5. De modo de prevenir que las correas se desalineen y se produzcan roturas en las mismas se recomienda colocar los roletes de los rodillos de la correa JD-8008, los cuales permiten mantener la correa alineada, y reparar los que se encuentran flojos o mal colocados, ya que esta correa se encuentra constantemente desalineada debido a la falta de los roletes en los rodillos, por lo que la correa pega de los bordes de la estructura, produciendo el deterioro de la misma.
6. Cambiar los laterales de goma que se encuentran en la correa JD-8007, debido al desgaste de los laterales el mineral se derrama y se acumula en el equipo (puente apilador), además este mineral cae sobre los rieles que permiten la traslación del puente, que al acumularse no permite que el equipo avance normalmente lo que puede producir el descuadre de las patas encargadas de la traslación del mismo.
7. Debido a la dificultad de desintegrar de forma manual (golpeando con un tubo de acero) los puentes que se forman cuando el mineral de hierro se compacta en el proceso de recuperación de los plows, se recomienda el diseño e instalación de un sistema vibrador, que funcione por medio de un sistema de aire comprimido, el cual se instale en la pestaña de acero por la cual baja el mineral, y sea manejado por el operario de los plows, si bien la demora se seguirá produciendo, ya que es algo inevitable que el mineral se compacte por debajo de la pila, se logrará disminuir notablemente el tiempo por dicha demora, así como también el esfuerzo realizado por los operarios y podrá continuarse el proceso de recuperación con total normalidad.



BIBLIOGRAFÍA

- MAYNARD, H. B. **Maynard Manual del Ingeniero Industrial**. Colombia: Editorial Reverté Colombiana, S.A. tercera Edición.
- NARVÁEZ, Rosa. (1997). **Orientaciones Prácticas para la Elaboración de Informes de Investigación**. República Bolivariana de Venezuela (Puerto Ordaz). 2^{era} Edición.
- NIEBEL, Benjamín W. (1990). **Ingeniería Industrial. Métodos, Tiempos y Movimientos**. Ediciones Alfaomega. México. 814 Pág.
- KRICK, E. (1991). **Ingeniería de Métodos**. México: Editorial Limusa, S.A.. Décima Impresión.
- <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/eco/diagramapareto.htm>
- <http://gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/diagcausefec.htm>



APÉNDICES



Apéndice A. Formato de Muestreo del puente apilador (recuperación desde FMC)

Nº muestra	Fecha	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Tiempo min	Tiempo Hs	Toneladas apiladas	Rendimiento t/min	Rendimineto t/h
1	18/07/2007			X	275	4,58	6.400	23,27	1.396,36
2	19/04/2007	X			430	7,17	8.750	20,35	1.220,93
3	22/04/2007		X		235	3,92	5.600	23,83	1.429,79
4	25/04/2007		X		160	2,67	5.980	37,38	2.242,50
5	25/04/2007			X	223	3,72	8.981	40,27	2.416,41
6	02/05/2007		X		300	5,00	5.950	19,83	1.190,00
7	07/05/2007		X		150	2,50	4.060	27,07	1.624,00
8	16/05/2007		X		145	2,42	3.930	27,10	1.626,21
9	16/05/2007			X	273	4,55	6.110	22,38	1.342,86
10	17/05/2007			X	230	3,83	6.580	28,61	1.716,52
11	18/05/2007	X			190	3,17	3.100	16,32	978,95
12	21/05/2007	X			365	6,08	6.950	19,04	1.142,47
13	21/05/2007		X		135	2,25	2.850	21,11	1.266,67
14	22/05/2007			X	367	6,12	8.730	23,79	1.427,25
15	23/05/2007	X			180	3,00	6.320	35,11	2.106,67
16	23/05/2007		X		330	5,50	5.931	17,97	1.078,36
17	23/05/2007			X	375	6,25	10.460	27,89	1.673,60
18	24/05/2007	X			426	7,10	10.740	25,21	1.512,68
19	24/05/2007		X		340	5,67	7.981	23,47	1.408,41
20	25/05/2007	X			360	6,00	12.500	34,72	2.083,33
21	27/05/2007		X		170	2,83	3.330	19,59	1.175,29
22	28/05/2007			X	120	2,00	3.850	32,08	1.925,00



Apéndice B. Formato de Muestreo del puente apilador (recuperación desde fosa multiproposito)

N° muestra	Fecha	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Tiempo min	Tiempo Hs	N° de vagones	Toneladas apiladas	Rendimiento t/min	Rendimiento t/h
1	15/05/2007	X			120	2	28	2125	17,71	1.062,50
2	14/05/2007			X	55	0,92	9	1485	27	1.620,00
3	14/05/2007	X			195	3,25	29	2700	13,85	830,77
4	13/05/2007			X	130	2,17	30	2432	18,71	1.122,46
5	13/08/2007		X		300	5	37	2935	9,78	587
6	13/05/2007	X			160	2,67	28	2412	15,08	904,5
7	12/05/2007			X	94	1,57	26	1875	19,95	1.196,81
8	12/05/2007		X		260	4,33	29	2281	8,77	526,38
9	12/05/2007	X			55	0,92	13	1034	18,8	1.128,00
10	11/05/2007			X	60	1	13	1045	17,42	1.045,00
11	11/05/2007		X		15	0,25	3	156	10,40	624,00
12	11/05/2007	X			135	2,25	24	1925	14,26	855,56
13	10/05/2007			X	95	1,58	13	1925	20,26	1.215,79
14	10/06/2007	X			67	1,12	11	982	14,66	879,40
15	09/05/2007			X	60	1,00	10	931	15,52	931,00
16	08/05/2007			X	55	0,92	10	942	17,13	1.027,64
17	07/05/2007			X	30	0,50	14	896	29,87	1.792,00
18	07/05/2007	X			75	1,25	15	1484	19,79	1.187,20
19	06/05/2007			X	50	0,83	5	506	10,12	607,20
20	05/05/2007			X	75	1,25	10	800	10,67	640,00
21	05/05/2007	X			65	1,08	10	919	14,14	848,31
22	04/05/2007		X		55	0,92	10	942	17,13	1.027,64
23	03/05/2007			X	50	0,83	10	870	17,40	1.044,00



24	02/05/2007	X			50	0,83	10	816	16,32	979,20
25	29/04/2007		X		95	1,58	16	1463	15,40	924,00

Nº muestra	Fecha	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Tiempo min	Tiempo Hs	Nº de vagones	Toneladas apiladas	Rendimiento t/min	Rendimineto t/h
26	29/04/2007	X			139	2,32	23	1908	13,73	823,60
27	20/04/2007			X	200	3,33	25	2403	12,02	720,90
28	20/04/2007		X		65	1,08	11	935	14,38	863,08
29	17/04/2007			X	75	1,25	14	1117	14,89	893,60
30	17/04/2007	X			85	1,42	13	1138	13,39	803,29
31	14/04/2007		X		155	2,58	28	2290	14,77	886,45
32	20/05/2007	X			70	1,17	12	994	14,20	852,00
33	19/05/2007			X	50	0,83	6	532	10,64	638,40



Apéndice C. Formato de muestreo de recuperadores horizontales Plows

N° muestra	Fecha	turno 1	turno 2	turno 3	equipos	tiempo min	tiempo hs	Toneladas Recuperadas	Ton Recup. p/eq	Rendimiento (t/min)p/eq	Rendimiento (t/h)p/eq
1	17/04/2007			X	B1 y A4	161	2,68	6250	3125	19,41	1.166,04
2	23/04/2007		X		B1 y A4	287	4,78	10500	5250	18,29	1.098,33
3	23/04/2007			X	B1 Y A4	322	5,37	6960	3480	10,81	648,45
4	24/04/2007	X			B1 y A4	491	8,18	10500	5250	10,69	641,55
5	24/04/2007		X		B1	55	0,92	880	880	16,00	453,41
			X		B1 y A4	121	2,02	900	450	3,72	
6	24/04/2007			X	B1 y A4	322	5,37	5220	2610	8,11	486,34
7	25/04/2007	X			B1 y A4	145	2,42	3040	1520	10,48	628,97
8	25/04/2007		X		B1 y A4	204	3,40	3640	1820	8,92	574,29
			X		B1	6	0,10	190	190	31,67	
9	25/04/2007			X	B1 y A4	205	3,42	4000	2000	9,76	585,37
10	26/04/2007	X			B1 y A4	365	6,08	12200	6100	16,71	1.002,74
11	26/04/2007		X		B1 y A4	200	3,33	5540	2770	13,85	831,00
12	27/04/2007	X			B1 y A4	345	5,75	8830	4415	12,80	767,83
13	02/05/2007		X		B1 y A4	78	1,30	2500	1250	16,03	961,54
14	04/05/2007		X		B1 y A4	208	3,47	6300	3150	15,14	908,65
15	05/05/2007	X			B1 y A4	386	6,43	11900	5950	15,41	924,87
16	16/05/2007		X		B1 y A4	230	3,83	5920	2960	12,87	772,17
17	17/05/2007		X		B1 y A4	22	0,37	860	430	19,55	1.172,73



18	17/05/2007			X	B1 y A4	434	7,23	12000	6000	13,82	829,49
19	18/05/2007	X			B1 y A4	337	5,62	9100	4550	13,50	810,09
20	20/05/2007			X	B1 y A4	219	3,65	5130	2565	11,71	702,74

N° muestra	Fecha	turno 1	turno 2	turno 3	equipos	tiempo min	tiempo hs	Toneladas Recuperadas	Ton Recup. p/eq	Rendimiento (t/min)p/eq	Rendimiento (t/h)p/eq
21	21/05/2007	X			B1 y A4	466	7,77	13500	6750	14,48	869,10
22	21/05/2007		X		B1 y A4	371	6,18	12300	6150	16,58	994,61
23	21/05/2007			X	B1 y A4	450	7,50	12700	6350	14,11	846,67
24	22/05/2007	X			B1 y A4	166	2,77	4300	2150	12,95	777,11
25	24/05/2007			X	B1 y A4	165	2,75	6000	3000	18,18	1.090,91
26	25/05/2007	X			B1 y A4	434	7,23	14000	7000	16,13	967,74
27	30/05/2007		X		B1y A4	181	3,02	7000	3500	19,34	1.160,22
28	30/05/2007			X	B1y A4	274,00	4,57	12000	6000	21,90	1.313,87





ANEXOS

Anexo 1. Equipo Recuperador horizontal Plow 2



Anexo 2. Túnel B y plataforma donde el mineral se deposita por gravedad



Anexo 3. Correa JD-8010 A



Anexo 4. Plancha de acero de límites de recorrido del plow



Anexo 5. Puente apilador



Anexo 6. Riel de desplazamiento del puente apilador



Anexo 7. Recuperado FMC



Anexo 8. Tablero de control del puente apilador



Anexo 9. Correa JD-8006



Anexo 10. Fosa multipropósito



Anexo 11. Tolva multipropósito



Anexo12. Feeder de tolva multipropósito



Anexo 13. Correa JD-8040



Anexo 14. Corre JD-8041 y balanza 8041





Anexo 15. Tabla t-student.

GRADO DE LIBERTAD	Tc	0,90	0,95	0,98	0,99
	K	0,1	0,05	0,02	0,01
1		6,314	12,706	31,821	63,657
2		2,920	4,303	6,965	9,925
3		2,353	3,182	4,541	5,841
4		2,132	2,776	3,747	4,604
5		2,015	2,571	3,365	4,032
6		1,943	2,447	3,143	3,707
7		1,895	2,365	2,998	3,499
8		1,860	2,306	2,896	3,355
9		1,833	2,262	2,821	3,250
10		1,812	2,228	2,764	3,169
11		1,796	2,201	2,718	3,106
12		1,782	2,179	2,681	3,055
13		1,771	2,160	2,650	3,012
14		1,761	2,145	2,624	2,977
15		1,753	2,131	2,602	2,947
16		1,746	2,120	2,583	2,921
17		1,740	2,110	2,567	2,898
18		1,734	2,101	2,552	2,878
19		1,729	2,093	2,539	2,861
20		1,725	2,086	2,528	2,845
21		1,721	2,080	2,518	2,831
22		1,717	2,074	2,508	2,819
23		1,714	2,069	2,500	2,807
24		1,711	2,064	2,492	2,797
25		1,708	2,060	2,485	2,787
26		1,706	2,056	2,479	2,779
27		1,703	2,052	2,473	2,771
28		1,701	2,048	2,467	2,763