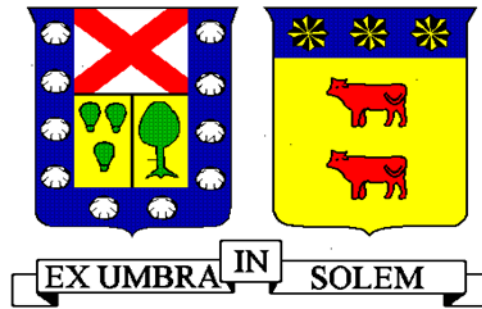


**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
SEDE CONCEPCIÓN “REY BALDUINO DE BÉLGICA”**



**ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE UNA  
INSTALACIÓN DE CORREAS TRANSPORTADORAS**

**Trabajo para optar al Título Profesional de  
Ingeniero de Ejecución en Mantenimiento Industrial**

**Alumno: Cesar Antonio Viveros Villa  
Profesor Guía: Eduardo Arcena**

**2019**

## AGRADECIMIENTOS

La gratitud es un hermoso valor relativamente fácil de demostrar, expresado plenamente del corazón y reservado para aquellas personas que acompañaron o estuvieron presentes en nuestra vida.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas.

## Índice

I.	<b>RESUMEN</b> .....	3
II.	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
III.	<b>OBJETIVOS GENERALES</b> .....	4
	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b> .....	4
IV.	<b>CAPITULO I. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA</b> .....	6
	4.1 RESEÑA HISTORICA .....	8
	4.2 MISION, VISION Y VALORES RESEÑA HISTORICA .....	8
	4.3 COMPLEJO TERMOELECTRICO BOCAMINA .....	9
	4.4 CENTRALES DE ENERGIA EN CHILE .....	13
V.	<b>CAPITULO II. ANTECEDENTES DEL CONTRATISTA</b> .....	13
	5.1 RESEÑA HISTORICA .....	13
	5.2 MISION, VISION Y VALORES .....	16
VI.	<b>CAPITULO III. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO</b> .....	18
	6.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA .....	18
	6.2 DESCRIPCIÓN GENERAL PLANTA DE CARBÓN .....	18
VII.	<b>CAPITULO IV. MANUAL DE OPERACION</b> .....	22
	7.1 GENERAL .....	22
	7.2 PROPOSITO DEL DOCUMENTO .....	22
	7.3 TERMINOLOGIA .....	22
	7.4 ABREVIATURA SISTEMA DE CONTROL PMC .....	22
	7.5 CHP DE RECEPCION Y RECLAMO AREA SUR .....	23
	7.6 SECUENCIA DE INICIO DE EQUIPOS SEC 2000 .....	27
	7.7 FILOSOFIA DE FUNCIONAMIENTO .....	27
VIII.	<b>CAPITULO V. LA INDUSTRIA DE LA CORREA TRANSPORTADORA</b> .....	32
	8.1 CINTAS TRANSPORTADORAS .....	32
	8.2 CONSTRUCCION DE CORREAS MULTICAPA .....	33
	8.3 TIPOS DE REVESTIMIENTO Y APLICACIÓN EN EL MERCADO .....	33
	8.4 CAPACIDAD SEGÚN Nº DE TELAS.....	34
	8.5 TIPOS DE CORREAS TRANSPORTADORAS .....	35
	8.6 CALIDAD DE RECUBRIMIENTO SEGÚN NORMA DIN 22102.....	35
	8.7 ANCHOS DE CORREAS TRANSPORTADORAS .....	36
	8.8 UNIONES MECANICAS DE CORREAS TRANSPORTADORAS.....	37
	8.9 ANALISIS TECNICO DE CORREAS TRANSPORTADORAS.....	38
	8.10 DETERMINACION DE PRODUCTIVIDAD REAL VS DISPONIBILIDAD.....	48
	8.11 TABLA COMPARATIVA UTILIZACIÓN VS DISPONIBILIDAD .....	48
	8.12 TABLA COMPARATIVA UTILIZACIÓN VS DISPONIBILIDAD MEJORADA.....	49
	8.13 ESTUDIO DE PRODUCTIVIDAD .....	51

IX.	<b>CAPITULO VI. PARAMETROS DE OPERACION</b> .....	51
	9.1 DATOS TECNICOS DE LA CINTA ET-2.....	51
	9.2 DETERMINAR LA PRODUCTIVIDAD REAL.....	53
	9.3 CONTROL DIARIO MOVIMIENTO DE CARBON.....	54
	9.4 EVALUACIÓN REEMPLAZO DE COMPONENTES.....	58
	9.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	58
	9.6 CARACTERISTICAS DEL MATERIAL A TRANSPORTAR .....	60
	9.7 PESO ESPECÍFICO .....	60
	9.8 CLASIFICACIÓN GENERAL DE CARBON MINERAL SEGÚN ASTM.....	61
	9.9 CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA INSTALACION .....	62
	9.10 DATOS TECNICOS DE LA CORREA TRANSPORTADORA.....	62
	9.11 CARACTERISTICAS TECNICAS DE TAMBOR MOTRIZ Y COLA.....	63
	9.12 CARACTERISTICAS TECNICAS DE RODILLOS DE TRANSPORTE .....	64
	9.13 CARACTERISTICAS TECNICAS DE MOTOR ELECTRICO.....	65
	9.14 DATOS PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD DE LA CORREA TRANSP. ....	65
	9.15 PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCION DEL PROBLEMA .....	66
	9.16 SELECCIÓN ANCHO DE BANDA SEGÚN MATERIAL A TRANSPORTAR.....	68
	9.17 RELACION EMPIRICA SEGÚN ANCHO, VELOCIDAD Y MATERIAL.....	74
	9.18 TABLA DE POTENCIAS ADICIONALES .....	78
	9.19 DATOS PARA OBTENER LA POTENCIA DEL REDUCTOR .....	81
	9.20 CONCLUSION .....	83
	9.21 TABLA COMPARATIVA DE EQUIPOS .....	84
	9.22 GRAFICO COMPARATIVO DE EQUIPOS INSTALADOS VS MEJORA.....	84
	9.23 COTIZACION DE MOTOR ELECTRICO SELECCIONADO .....	86
	9.24 COTIZACION REDUCTOR DE VELOCIDAD SELECCIONADO.....	87
	9.25 CARACTERISTICAS TECNICAS DE MOTOR ELECTRICO Y REDUCTOR.....	87
	9.26 DIMENSIONES GENERALES DE ACOPLAMIENTO HIDRAULICO.....	88

## Índice de figuras

FIGURA 1. ORGANIGRAMA CENTRAL BOCAMINA .....	13
FIGURA 2. CENTRAL TERMOELECTRICA BOCAMINA .....	14
FIGURA 3. ORGANIGRAMA ULTRAPORT BOCAMINA .....	21
FIGURA 4. ESQUEMA GENERAL DE PLANTA TERMOELECTRICA.....	25
FIGURA 5. CHP DE APILAMIENTO Y RECLAMO DEL AREA SUR.....	27
FIGURA 6. CHP DEL AREA NORTE .....	28
FIGURA 7. CHP DEL AREA NORTE A SILOS DE CARBÓN.....	30
FIGURA 8 VISION GENERAL DE LA SECUENCIA.....	33
FIGURA 9 CUBIERTAS DE CORREA TRANSPORTADORA .....	35
FIGURA 10. GRAPA DE UNIÓN MECÁNICA .....	37
FIGURA 11. MODELO CHUTE DE TRASPASO DE CARBÓN .....	38
FIGURA 12. ENCAUZADOR DE CARBÓN .....	38
FIGURA 13. BASTIDORES .....	39
FIGURA 14. RODILLOS DE CARGA.....	39
FIGURA 15. RODILLOS DE IMPACTO.....	40
FIGURA 16. RODILLOS DE RETORNO .....	40
FIGURA 17. RODILLOS AUTO-ALIENABLE .....	41
FIGURA 18. TAMBOR DE COLA Y MOTRIZ.....	41
FIGURA 19. TENSORES DE GRAVEDAD (CONTRAPESOS) .....	42
FIGURA 20. RASPADOR PRIMARIO.....	42
FIGURA 21. RASPADOR SECUNDARIO .....	43
FIGURA 22. RASPADOR DE ARADO TIPO-V .....	43
FIGURA 23. CUBIERTAS DE CINTA TRANSPORTADORA.....	44
FIGURA 24. MOTOR ELÉCTRICO .....	44
FIGURA 25. REDUCTOR DE VELOCIDAD .....	45
FIGURA 26. ACOPLAMIENTO HIDRÁULICO .....	45
FIGURA 27. ACOPLAMIENTO MECÁNICO FLEXIBLE .....	46
FIGURA 28. PESOMETRO.....	46
FIGURA 29. PARADA DE EMERGENCIA.....	47
FIGURA 30. TRAMPA MAGNÉTICA .....	47
FIGURA 31. GRAFICO COMPARATIVO UTILIZACIÓN V/S DISPONIBILIDAD .....	49
FIGURA 33. GRÁFICO DE CONTROL MOVIMIENTO DE CARBÓN .....	50
FIGURA 34. GRÁFICO DE MOVIMIENTO DE CARBÓN DIARIO .....	56
FIGURA 35. CINTA TRANSPORTADORA UNIDAD I.....	58
FIGURA 36. VISUALIZACIÓN TERMOGRAFÍA DEL CARBÓN DOMO .....	61
FIGURA 37. TRASLADO DE CARBÓN POR CINTA TRANSPORTADORA.....	62

FIGURA 38. TAMBOR MOTRIZ.....	63
FIGURA 39. TIPOS DE RODILLOS DE TRANSPORTE.....	64
FIGURA 40. DESIGNACIÓN DE CORREA TRANSPORTADORA .....	
FIGURA 41. TAMAÑO DEL MATERIAL A TRANSPORTAR .....	67
FIGURA 42. ANGULO DE REPOSO DE LA CARGA .....	68
FIGURA 42. GRÁFICO DE COMP. EQUIPO INSTALADO V/S MEJORA.....	84

## I. RESUMEN

El presente trabajo de título se genera por la necesidad de mejorar y realizar un estudio de pre factibilidad para aumentar la eficiencia de una instalación de correas transportadoras las cuales deben suministrar el carbón mineral hacia la central de energía termoeléctrica bocamina.

Hoy en día la central termoeléctrica "Bocamina "de la empresa Enel obtiene una gran demanda de energía debido al consumo población y minero de todo Chile.

Enel Generación opera en 111 Unidades a lo largo de Chile, con una capacidad total de 6.351 MW lo que representa el 29% de la capacidad instalada en el mercado local.

El estudio busca aumentar la eficiencia de carga de carbón hacia los silos (lugar donde se almacena el carbón) con el objetivo de aumentar la disponibilidad de los equipos, bajar los tiempos de producción y aumentar los tiempos de intervención en mantenimiento de los equipos.

## II. INTRODUCCIÒN

Las cintas transportadoras se inventaron para mejorar el transporte continuo de materiales a finales del siglo XVIII, desde entonces se desarrolla rápidamente y sufre grandes avances tecnológicos hasta llegar a la actual.

Su capacidad de adaptación al terreno hace que la cinta transportadora sea un medio de transporte muy común en industrias debido también a su rentabilidad económica.

Su gran utilización está en almacenar y distribuir materiales de todo tipo permitiendo trabajar con grandes volúmenes de producción. Actualmente se utilizan en procesos de productos industriales, mineros, agrícolas, etc.

Con el fin de proporcionar una mejora en este proceso de “llenado de silos de carbón” surge la idea de mejorar las velocidades de carga de la correa transportadora con el fin de reducir el tiempo de llenado de silos de carbón de la Unidad I.

Este inconveniente de operaciones afecta directamente labores de mantenimiento, limpieza y otras actividades por lo cual el proyecto busca la factibilidad de mejorar las condiciones operacionales para obtener una mayor disponibilidad y utilización de los equipos.

### **III. OBJETIVOS**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar un estudio de pre factibilidad para mejorar la eficiencia de una instalación de correas transportadoras.

#### **OBJETIVO ESPECIFICOS**

- Estudiar la productividad de la correa transportadora
- Analizar técnicamente la correa transportadora
- Evaluar el reemplazo de los componentes del equipo

#### **ALCANCE**

El objetivo principal de implementar una mejora en el sistema motriz de la cinta transportadora es lograr una mejora relación de carga vs el tiempo destinado para dicha operación.

---

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA  
ENEL S.A

---

## **CAPÍTULO I: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA (ENEL)**

### **1.1 RESEÑA HISTÓRICA**

Endesa Chile comienza el primero de diciembre de 1943, cuando es creada como una sociedad anónima, filial de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), con el objetivo de desarrollar el Plan de Electrificación del país, incluyendo la generación, el transporte, la producción y distribución de energía.

La compañía perteneció por 42 años al Estado chileno, alcanzando un papel preponderante en el sector eléctrico y llegando a ser una de las empresas más importantes del país y la base de desarrollo hidroeléctrico en el territorio. Las inversiones fueron cuantiosas, llevándose a cabo relevantes obras de ingeniería, electrificación y regadío. Con la política de privatización dispuesta por el gobierno de Chile en los años ochenta, se instruyó a Endesa. El proceso de privatización se inició en 1987 con una serie de ofertas públicas, y dada la magnitud para el mercado interno, el proceso se completó recién en 1989. Tras la privatización se produjeron importantes cambios en la organización, reestructurándose como holding con filiales en las diferentes actividades de la compañía.

En mayo de 1999, Enersis S.A., a través de una Oferta Pública de Acciones, se constituyó en la controladora de la sociedad con 60% de las acciones de Endesa Chile.

En la actualidad, La Empresa Nacional de Electricidad Sociedad Anónima (Endesa o Endesa Chile) es una empresa de generación eléctrica chilena, filial de ENERSIS y subsidiaria de la empresa española Endesa y esta de la italiana Enel quien hoy en día es el controlador mayoritario de todas las operaciones y sus filiales operan 179 unidades en cuatro países de Latinoamérica, con una capacidad instalada total de 13.455 MW. Si se incluye el 50 % de la potencia de la Central Termoeléctrica Atacama, de la sociedad de control conjunto Gas-Atacama, se alcanza un total de 182 unidades, con una capacidad instalada de 13.846 MW

ENEL Generación Chile opera 111 unidades a lo largo de Chile, con una capacidad instalada total de 6.351 MW, lo que representa 29% de la capacidad instalada en el mercado local.

En el mundo, ENEL es presente en 30 países (4 Continentes), operando en la producción y distribución de energía con 82 GW de potencia instalada, 1.9 Millones de kilómetros de red, 62 Millones de clientes, 62.500 empleados

Fines de 2016, nuestra compañía vivió una instancia histórica con la renovación de su marca.

## 1.2 MISIÓN, VISIÓN Y VALORES

La misión, visión y valores de Enel están dirigidos a contribuir, mediante actuaciones propias, al cumplimiento de los objetivos estratégicos del Grupo Enel y a consolidar nuestra posición como referente en el mercado de la energía, pensando siempre en el beneficio de nuestros grupos de interés y en el valor de nuestros accionistas.

### MISIÓN

- Maximizar el valor de la inversión de sus accionistas.
- Servir a sus mercados superando las expectativas de sus clientes.
- Contribuir al desarrollo y realización de sus empleados.

### VISIÓN

- Ser un operador del negocio energético y de servicios conexos, centrado en la electricidad.
- Una compañía multinacional responsable, eficiente y competitiva, comprometida con la seguridad, la salud y el medioambiente.
- Una empresa preparada para competir globalmente.

### VALORES

- Personas: aseguramos las oportunidades de desarrollo basadas en el mérito y en la aportación profesional.
- Seguridad y Salud: nos comprometemos decididamente con la seguridad y salud laboral, promoviendo una cultura preventiva.
- Trabajo en equipo: fomentamos la participación de todos para lograr un objetivo común, compartiendo información y conocimientos.

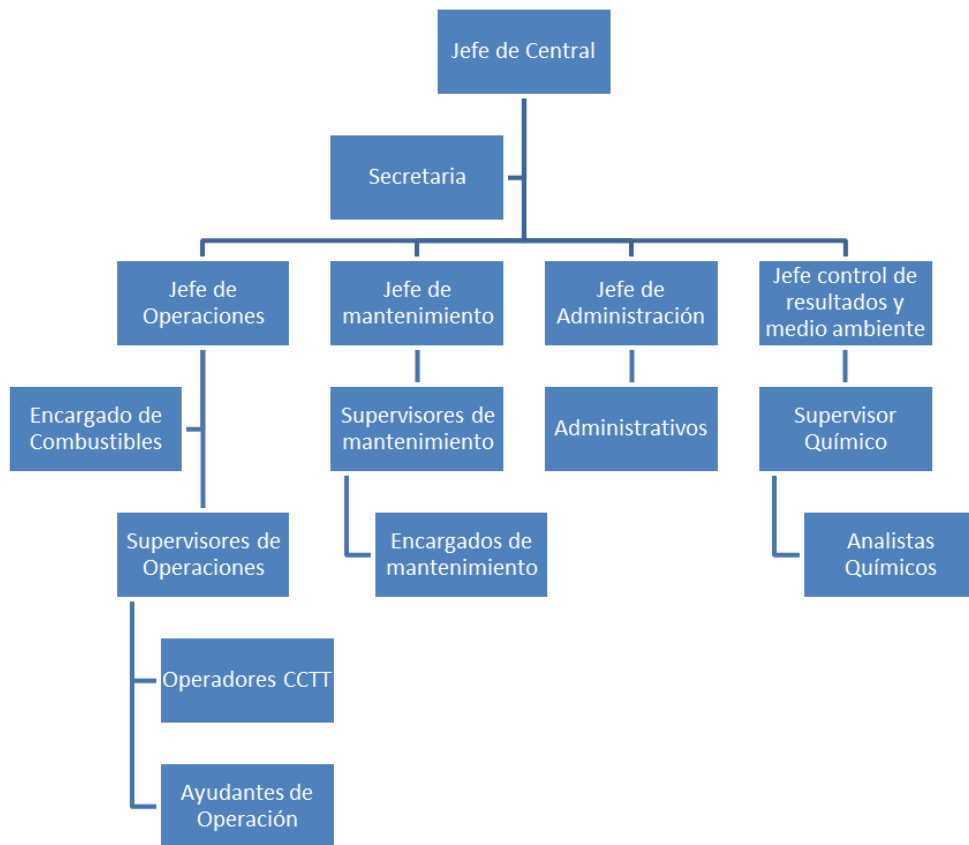


Figura 1. Organigrama Central Termoeléctrica Bocamina Enel

### 1.3 COMPLEJO TÉRMOELECRTICO BOCAMINA

La central Termoeléctrica bocamina I ubicada en el puerto de coronel se ha concebido como una planta de poder de carga base, puesta en servicio en junio del año 1970, principalmente con el fin de entregar el poder completo generado de 128 MW con factor de poder contractual de aislamiento 0,85.

La planta está conectada a la subestación LAGUNILLAS S/S de suministro nacional de electricidad por medio de una de las líneas aéreas de 220 kV; Esta línea de transmisión absorberá la plena potencia inyectada en ella en cualquier condición. Sin limitaciones intrínsecas.

La planta de energía Bocamina I es una unidad de vapor operado de 128 MW x 1, basada en un ciclo de vapor de agua con recalentamiento, diseñada para quemar carbón térmico bituminoso, El carbón bituminoso (Mineral Activo), es un producto de alta calidad fabricado a partir de hulla bituminosa. Se caracteriza por tener una gran cantidad de meso a macro-poros (>50nm) adecuados para la eliminación de moléculas grandes, es activado con vapor, por lo que no contiene agentes químicos que pueden contaminar o reaccionar con el medio donde se está utilizando, contiene un PH casi neutro.



Figura 2. Central Termoeléctrica Bocamina

El carbón activado bituminoso tiene una alta dureza, por lo tanto, presenta mayor resistencia a la erosión, puede ser utilizado en columna de lecho fijo o móvil, con un mínimo de pérdidas en los procesos de retro lavado y generación.

En el área de almacenamiento consta con cuatro silos de carbón donde almacena 250 Toneladas cada uno, cada silo de carbón tiene asignado a un molino de carbón del tipo (Copa-rodillo) el cual pulveriza el carbón cuando ingresa a un plato giratorio con rodillos cónicos, a su vez el carbón es expulsado con chorros de aire precalentado hacia los quemadores mediante un ventilador de tiro forzado.

Cuando el carbón pulverizado es inyectado a la caldera los quemadores provocan su combustión y como consecuencia de la cual se genera energía calorífica. Esta energía transforma el agua que transmite por la vasta red de tubos que componen la caldera en vapor a elevada presión

Como ayuda de la combustión existe la inyección de aceite diésel ligero el cual estará disponible en la puesta en marcha y como combustible de apoyo durante la transición de carbón.

El vapor a gran presión penetra en la turbina, integrada por tres cuerpos de alta, media y baja presión unidos a un mismo eje.

Antes que el vapor penetre en la turbina es necesario su deshumidificarían. Si no se sometiera a dicho proceso, las diminutas gotas de agua que se transportan en suspensión serían despedidas a gran velocidad contra los álabes, erosionando el mecanismo.

Así pues, el vapor de agua a presión provoca el giro de los álabes de la turbina y genera energía mecánica. Por otra parte, el eje que mantiene unidos los tres cuerpos de la

turbina hace girar, a su vez, un alternador que se encuentra conectado a ella, produciendo energía eléctrica. Gracias al empleo de un transformador la energía eléctrica pasa a la red de transporte a alta tensión.

El vapor, cuya presión ha resultado ya muy debilitada, pasa a los condensadores, donde se enfría y se convierte nuevamente en agua. El agua retorna otra vez a los tubos que conforman las paredes de la caldera, reiniciándose así el ciclo productivo.

El carbón descargado desde el terminal portuario cabo froward es almacenado al interior de un domo el cual tiene una capacidad de 150.000 Toneladas para almacenar carbón, el carbón es movido con maquinaria pesada los cuales trasladan el producto hacia un reclamador de superficie, el cual regular el flujo hacia la correa transportadora la cual se encarga de trasladar el carbón hacia los bunkers de la caldera.

El sistema de transporte de carbón final básicamente está conformado por dos cintas:

- Una correa transportadora (ET-2) de 280 metros de longitud, con una velocidad promedio de 250 a 280 Toneladas por hora de carbón.
- Un carro de traslación que contiene una cinta transportadora la cual puede funcionar en ambos sentidos (ET-2A) de 20 metros de longitud, la cual transfiere el carbón recibido al interior de los bunkers.

TABLA 1. CENTRALES DE ENERGÍA ELÉCTRICAS EN CHILE.

Hidroeléctricas	Potencia (MW)	Ubicación
Central Abanico	136 MW	Los Ángeles, Bio Bio
Central Antuco	320 MW	Los Ángeles, Bio Bio
Central Cipreses	106 MW	Talca, Maule
Central Curilinqué	89 MW	Talca, Maule
Central Cipreses	106 MW	Talca, Maule
Central El Toro	450 MW	Los Ángeles, Bio Bio
Central Cipreses	106 MW	Talca, Maule
Central Isla	68 MW	Talca, Maule

<http://generadoras.cl/empresas-asociadas/enel>

Eólicas	Potencia (MW)	Ubicación
Central Canela	18,5 MW	Provincia de Choapa
Central Canela II	60 MW	Provincia de Choapa

<http://generadoras.cl/empresas-asociadas/enel>

Termoeléctricas	Potencia (MW)	Ubicación
Central Atacama	780 MW	Antofagasta
Central Bocamina I & II	478 MW	Coronel, Bio Bio
Central Huasco	32 MW	Atacama
Central Quintero	257 MW	Quinteros, Chile
Central San Isidro	379 MW	Valparaíso

<http://generadoras.cl/empresas-asociadas/enel>

---

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA  
ULTRAPORT

---

## **CAPITULO II. ANTECEDENTES DEL CONTRATISTA ULTRAPORT**

### **2.1 RESEÑA HISTÓRICA**

Ultraport, empresa del Grupo Ultramar, inicia sus actividades el 25 de mayo de 1981 en Valparaíso, producto de la necesidad que tenían las empresas de muellaje de contratar a su propio personal y así cumplir en forma eficiente los requerimientos de servicio de sus clientes en las tareas de estiba y desestiba y el movimiento de carga en los recintos portuarios.

Desde sus inicios, la empresa ha estado marcada por la filosofía que estampó el fundador del grupo, don Albert von Appen, quien con ideas claras, metas definidas y con un liderazgo indiscutido supo rodearse de excelentes colaboradores, marcando el rumbo de cada una de las empresas del grupo. Su filosofía de hacer negocios, valorar a sus colaboradores como el principal activo de sus empresas y buscar para el cliente las alternativas más convenientes para atender sus necesidades, orientan el quehacer de Ultraport.

Hoy día y con más de 30 años de recorrido, Ultraport ha logrado consolidarse como una empresa eficiente, moderna y competitiva en el trabajo portuario, contando con una presencia a nivel nacional desde Arica a Punta Arenas, con moderno equipamiento portuario, tecnologías de información especializadas de última generación y con un personal altamente capacitado y comprometido con el cumplimiento de sus metas.

## 2.2 MISIÓN, VISIÓN Y VALORES

### MISIÓN

Realizamos operaciones portuarias con excelencia y seguridad, innovando e implementando nuevas tecnologías a través de un equipo de personas altamente calificado y comprometido con nuestros clientes y comunidades.

### VISIÓN

Ser el referente en operaciones portuarias de Latino América

### VALORES

Cuidamos la vida de nuestros colaboradores y la salud de las comunidades donde operamos. Promovemos ambientes de trabajo libres de todo riesgo en una operación confiable y amigable con el medio ambiente.

### INTEGRIDAD

Actuamos con altos estándares éticos que garantizan sustentabilidad y resguardan nuestra reputación. Las personas están en el centro de lo que hacemos, estimulamos un balance entre la vida personal y laboral.

### EXCELENCIA

Aportamos al desarrollo y la competitividad de nuestros clientes anticipándonos a sus necesidades. Estimulamos la diversidad y la innovación para crear soluciones acordes del negocio.

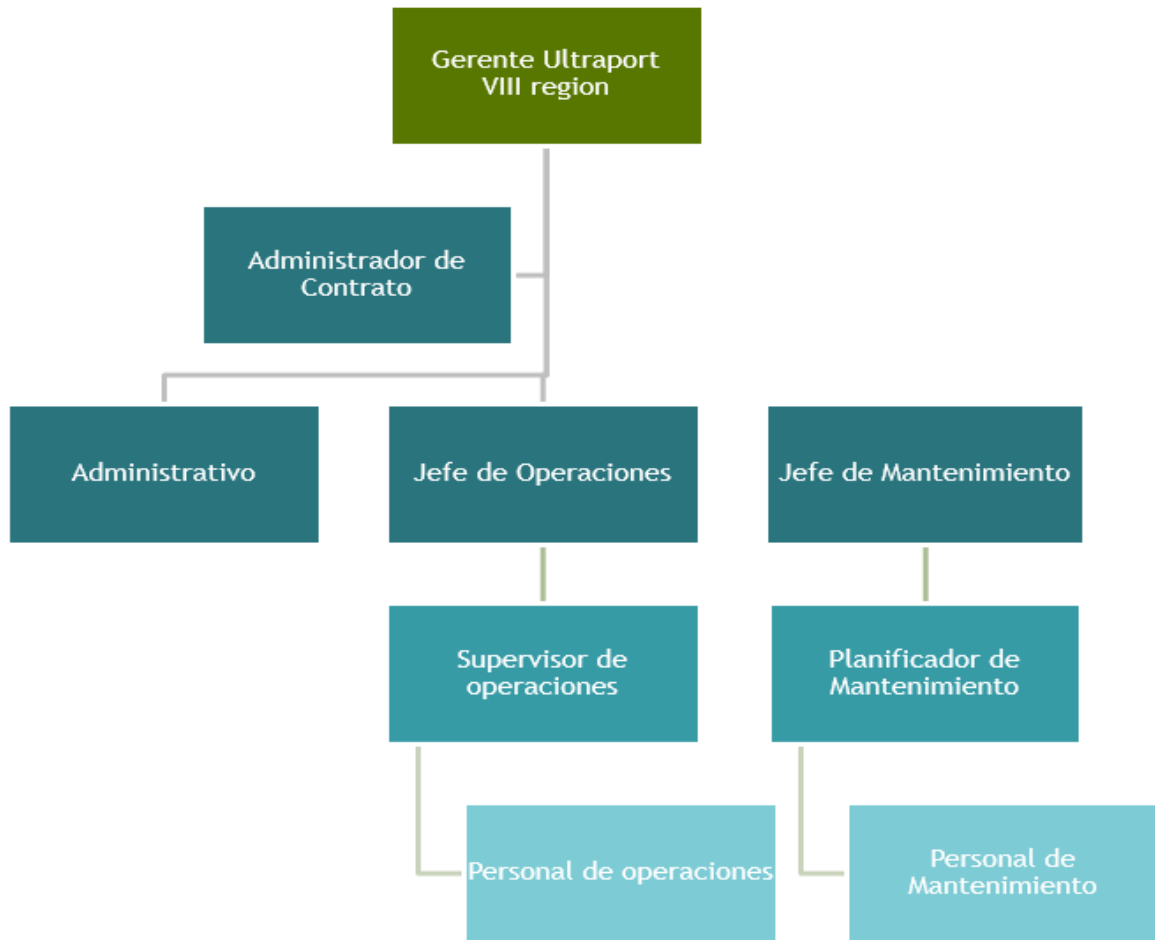


Figura 3. Organigrama Ultraport bocamina

## CAPITULO III. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

### 3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA

En una Planta Termoeléctrica podemos identificar dos grandes sistemas que están relacionados directamente con la transformación de energía a partir del combustible, estos son: Combustión (Carbón-Aire-Gases) y Generación de Vapor (Agua-Vapor-Condensado y Sistema de Refrigeración).

Para el proceso de la combustión se utilizan como combustibles el diésel y el carbón. El primero se utiliza para el encendido de la Caldera y para elevar la temperatura dentro del Hogar, y el segundo, para mantener y completar la combustión en régimen normal de funcionamiento.

El carbón es enviado a la caldera por una cinta transportadora, que vierte su contenido en 4 Tolvas que alimentan a los Molinos de Carbón, donde éste es pulverizado y se mezcla con un flujo de aire precalentado. Esta mezcla carbón pulverizado y aire, ingresa a la caldera por los Quemadores, donde se inicia la combustión dentro del hogar.

Los Ventiladores de Tiro Forzado suministran el aire necesario para la combustión del carbón, que alcanza dentro del Hogar de la Caldera, temperaturas del orden de 1200 a 1500°C, además de producir en complemento con los Ventiladores de Tiro Inducido, el movimiento y extracción de los gases.

Los gases de la combustión, durante su recorrido al interior de la caldera, entregan calor al agua para completar el cambio de estado de líquido a vapor y sobrecalentar el vapor a las condiciones necesarias para entregar a la turbina; cabe señalar que el agua y vapor circula por el interior de tubos de acero a modo de serpentines. Los gases de la combustión, una vez concluido su paso por la caldera y efectuado la transferencia de calor al agua-vapor, deben pasar por procesos de filtro y limpieza antes de ser evacuados al ambiente a través de la Chimenea.

A la salida de la caldera y posterior al paso por el Calentador de aire regenerativo, los gases pasan por el Filtro de Mangas donde se retiene material particulado por filtros, luego son impulsados por los Ventiladores de Tiro Inducido hacia el proceso FGD (Flue Gas Desulfurization) donde se le extraen los óxidos de azufre y finalmente se envían al ambiente por la chimenea.

En el proceso de Generación de Vapor el agua utilizada, es extraída de pozos profundos y almacenada en el estanque de agua cruda, ésta se purifica químicamente para obtener Agua Desmineralizada, la que es almacenada en el estanque de agua desmineralizada. Cuando el proceso entra en régimen, el Domo (estanque donde coexisten agua y vapor) recibe el agua precalentada por los Economizadores (309°C) e impulsada por las Bombas de Alimentación. Desde el Domo el agua desciende por 4 tubos principales de irrigación para luego ser impulsada por las bombas de circulación a través de las paredes de tubos del Evaporador donde el agua pasa a un estado de vapor saturado (361°C) y vuelve al domo. De esta manera, dentro de éste tenemos agua caliente en su parte inferior y vapor saturado en la parte superior.

Para que el vapor sea utilizado en la turbina, no debe contener humedad, por lo que pasa a través de cuatro Sobre calentadores donde se le aumenta la temperatura unos 180°C llegando a 541°C con una presión de 171bar. Este “vapor sobrecalentado” es llevado a la Turbina de Alta Presión, donde desarrolla trabajo para mover la turbina a 3000rpm. El vapor resultante sale de la turbina de Alta presión y vuelve a la caldera, con una temperatura de 342°C, donde ingresa a los Recalentadores y se le aumenta la temperatura a 541°C, con una presión de 40,5 bar. Este nuevo vapor es ingresado a la Turbina de Media Presión y posteriormente a la Turbina de Baja Presión.

En las tres etapas de la turbina se realizan extracciones de vapor para transferir calor al agua de alimentación que va al domo, este aumento de temperatura se logra en los pre calentadores, y de esta manera mejora el rendimiento del ciclo.

El eje de la turbina está acoplado al eje del Generador, produciendo la energía eléctrica con el movimiento giratorio en el Generador. La energía es conducida por barras capsuladas al Transformador Principal y luego al Patio de alta Tensión, entregando energía al Sistema Interconectado Central.

Una vez que el vapor completa su ciclo de trabajo, debe ser llevado a su estado original (Agua) para que inicie nuevamente el proceso. Esto se logra pasando el vapor a través del Condensador de superficie, donde cambia de estado y es impulsado por las Bombas de Extracción de Condensado hacia el estanque Des aireador, para luego ser enviada al Domo por la Bombas de Alimentación. Para poder realizar este cambio de estado, el vapor es enfriado bruscamente al interior del Condensador, donde se produce el intercambio el calor con el Agua de Refrigeración (Agua de mar) que circula a través de una gran cantidad de tubos. Esta agua es devuelta al mar con una ganancia de temperatura de 7 °C, aproximadamente. Cabe mencionar que la diferencial de temperatura entre la entrada y salida de agua de refrigeración no debe superar los 8,17°C, si esta diferencial es superada Endesa se verá obligado a reducir carga térmica para cumplir con los compromisos adquiridos.

## Esquema general de la planta

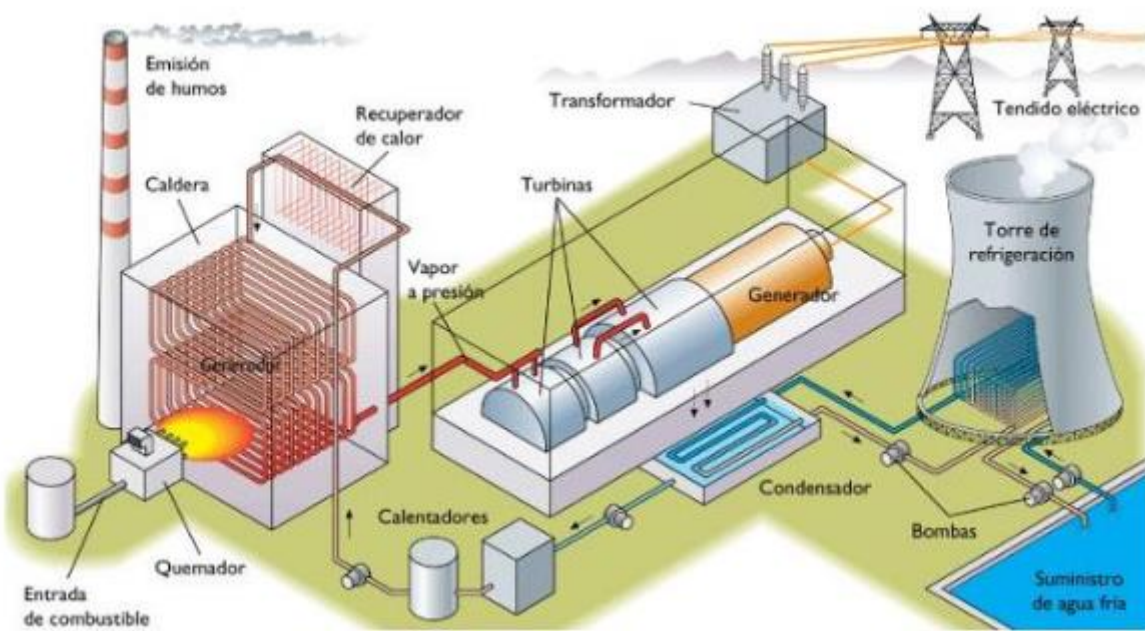


Figura 4. Esquema general de planta termoeléctrica.

### 3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL PLANTA DE CARBÓN

La planta manejo de carbón (CHP) bocamina está compuesta por una instalación y recepción de acopio de carbón de 1200 t/h en conjunto con una instalación de reclamo de carbón y alimentación a la planta de 970 t/h. La CHP consta de los acopios sur y norte, dos apiladores radiales de 1200 t/h cuatro (4) Alimentadores reclamadores de superficie de 1000 t/h, remoción de material de gran tamaño vía Harnero Vibratorios, junto con transportadores de transferencia asociados y estructuras.

La Planta de Manejo de Carbón está diseñada para recibir, apilar, reclamar y alimentar carbón en los bunkers de la Planta de Energía Bocamina. Está también diseñada para reclamar carbón a una razón de alimentación de 1000 t/h de las pilas de acopio de los productos del carbón.

## CAPITULO IV. MANUAL DE OPERACION

### 4.1 GENERAL

El manual “Pantallas Graficas HMI, para el sistema de manejo de carbón “está desarrollado por segman para indicar los despliegues gráficos desarrollados para el sistema de manejo y de control de la planta manejo de carbón.

### 4.2 PROPÓSITO DEL DOCUMENTO

El propósito de este documento es mostrar los despliegues gráficos del sistema de control desarrollados para el sistema de manejo de Carbón, el manual es una referencia al usuario de los despliegues y no profundiza en detalles específicos de configuración del sistema de control.

### 4.3 TERMINOLOGÍA

Las siguientes abreviaturas pueden ser usadas en este documento:

TABLA 2. ABREVIATURAS SISTEMA DE CONTROL PMC

CHP	Planta manejo de carbón
CS	Sistema de Control, incluyendo OIS, PLC y Redes de Comunicación.
KPI	Indicador de Rendimiento Clave
CCM	Centro de Control Motores
MV	Variable Manipulada – en general, la señal de salida al dispositivo de campo
OIS	Sistema del Interfaz del Operador
PV	Pulsador
PC	Computador Personal
PLC	Controlador Lógico Programable
PV	Variable Proceso de un lazo control, por ej., el valor real medido

<http://generadoras.cl/empresas-asociadas/enel>

#### 4.4 CHP DE RECEPCIÓN Y RECLAMO DE ÁREA SUR

Los barcos descargarán mediante el nuevo sistema de descarga a una razón de 1200 t/h. El carbón se envía a la Estación de Transferencia ST-301 desde la cinta transportadora CT-04 por medio de la cinta transportadora CV-300. Esta Estación incorpora una Tolva de Desbordamiento (Over Flow) ubicada en la estación ST-301 y un Alimentador Vibratorio N°v36 para suministrar a la cinta transportadora CV-302 a una razón variable de 30% a 100% del flujo de 1200tph. El sobre flujo por desbordamiento de la Tolva es decir, lo que queda del flujo de 1200 tph que no pasa directamente por el alimentador controlado, notificará al Apilador Radial Sur mediante la cinta transportadora CV-301 (ver Figura 2) para la descarga en la pila de acopio. Al apagar el alimentador vibratorio, se puede dirigir todo el flujo hacia el apilador. La Estación de Transferencia ST-302 está diseñada para suministrar el Apilador Radial, lo que permite que puedan realizarse movimientos de elevación y rotación en un área limitada.

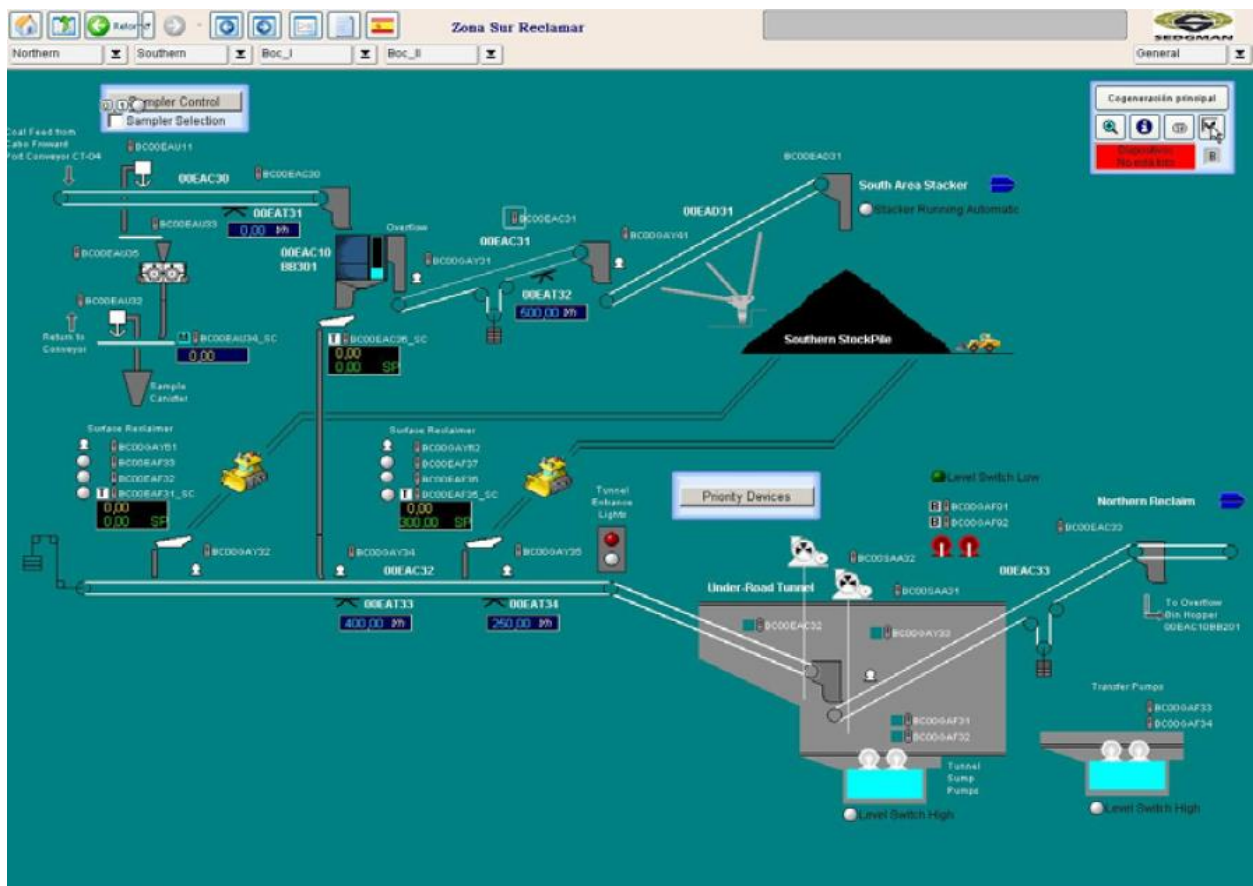


Figura 5. CHP de Apilamiento y Reclamo del Área Sur

El carbón de la pila de acopio sur recuperará mediante dos Alimentadores de Reclamo de Superficie el carbón recuperado de la pila de acopio y se descargará en la cinta transportadora CV-302 para ser dirigido hacia la planta eléctrica. La cinta transportadora CV-302 se utilizará para transferir el carbón que llega a la pila de acopio Norte o a los bunkers, así como para transferir el carbón recuperado desde el acopio Sur.

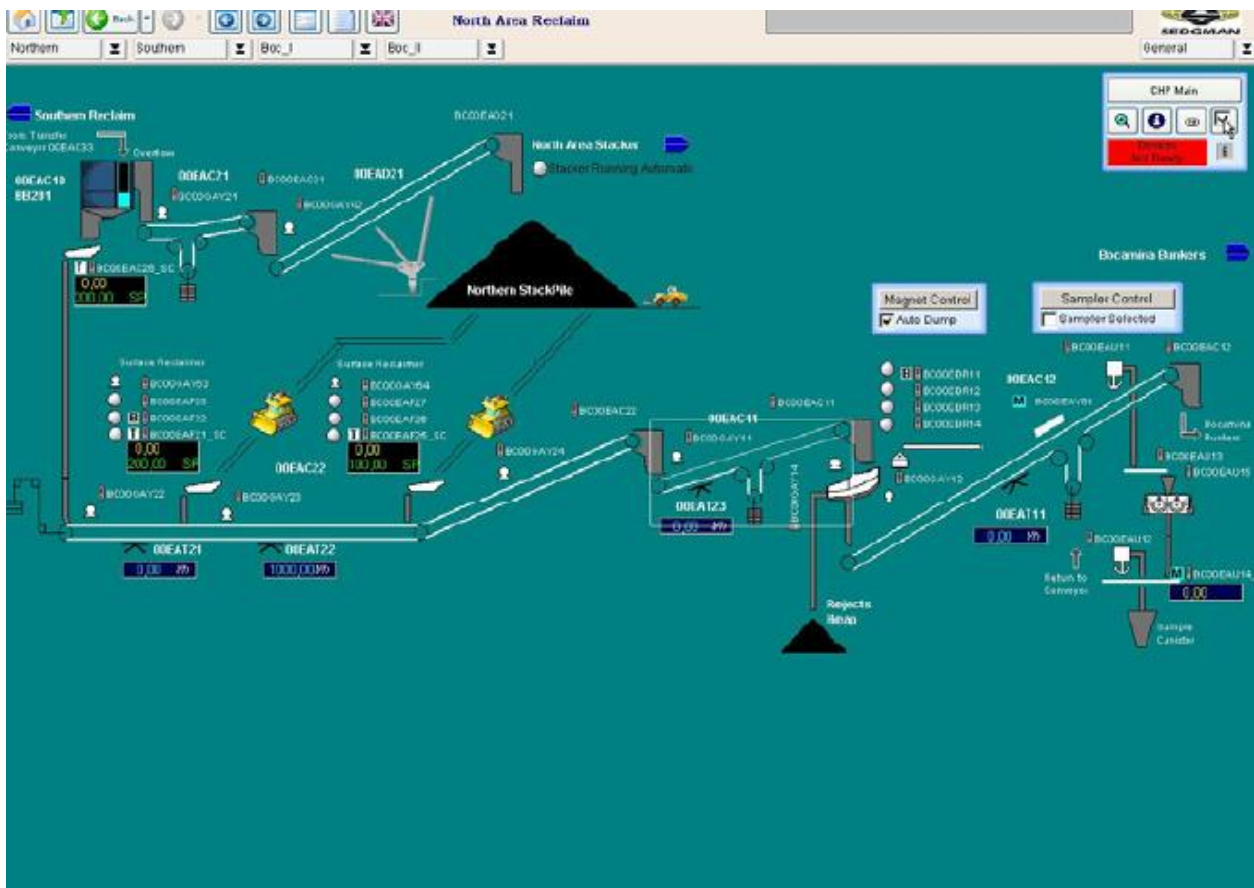


Figura 6. CHP del Área Norte

La correa transportadora CV-302 pasará bajo la Avenida Pedro Aguirre Cerda y suministrará la siguiente correa transportadora CV-303 mediante la Estación de Transferencia ST-303. La correa CV-303 transferirá carbón a la Tolva de la Estación ST-201 El cual se descargará mediante el Alimentador Vibratorio N° 26 en la correa CV-202

a una razón variable de 30 a 100% tph del flujo de 1000 tph que alimentará directamente la planta.

El sistema de reclamador que sirve a la pila de acopio norte será parecido al sistema de la pila de acopio norte, y contiene dos Alimentadores de Reclamo de Superficie (Nº 21 y Nº 25), el carbón recuperado se descargará en la correa CV-202 para el envío hacia la planta eléctrica.

El carbón que no se ubique en la pila de acopio norte se descargará desde ST-201 por el Alimentador Vibratorio Nº 26 en la correa CV-202, que conducirá el carbón al Transportador de ST-101 para su elevación a la Estación del Harnero Vibratorio. El carbón que se descargue desde la CV-101 pasará a través de un harnero vibratorio donde se elimina el material mayor a + 50 mm y se dirige hacia el área de la pila de rechazo mediante un FEL de manera periódica, de lo contrario, el material de rechazo (desecho) bloqueará el chute de desbordamiento. El flujo bajo del harnero (carbón de alimentación

La cinta transportadora CV-102 transportara el carbón hacia la Tolva de Compensación ST-101 en la Estación de Transferencia ST-103. Un alimentador vibratorio Nº 16 recuperará carbón desde la tolva de compensación, y descargará en el transportador de alimentación de la planta (Existente). De la misma manera, el Alimentador de Correa 13AF101 recuperará carbón desde la tolva de compensación y descargará en el transportador de alimentación de la planta 20EBA01AF001 (nuevo, a cargo de terceros).

Figura 7. CHP del Área Norte a Silos de carbón.

#### 4.5. FILOSOFÍA DE FUNCIONAMIENTO

La Planta de Manejo de Carbón (CHP) tiene la característica de comenzar con un solo botón. Dentro del diagrama lógico de secuencia de inicio para la operación CHP se presenta en el siguiente esquema referencial.

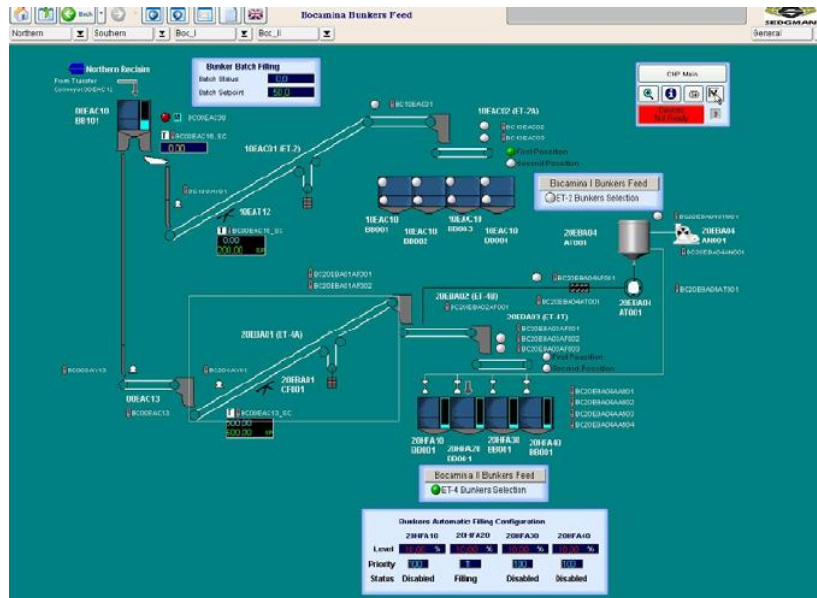


TABLA 3. SECUENCIA DE INICIO DE EQUIPOS (SEC 2000)

Secuencia Inicio de equipo CHP ( Secuencia principal N° 2000 )

Sub-secuencia Servicios ( Secuencia N° 2040 )

Alimentador de Bunkers Bocamina I ( Secuencia N° 2050 )

Alimentador de Bunkers Bocamina II ( Secuencia N° 2060 )

Reclamos Norte ( Secuencia N° 2020 )

Reclamos Sur ( Secuencia N° 2070 )

Apilador Sur ( Secuencia N° 2080 )

Alimentación de carbón del puerto ( Secuencia N° 2090 )

Elaboración propia; Adaptado de "Segman".

Si se activa una "Secuencia de Inicio" comienza un arranque cronometrado y en secuencia de todas las unidades del grupo de proceso CHP. Las válvulas y los bucles se inician de acuerdo al correspondiente Diagrama Lógico de Secuencia durante el mismo proceso. Una falla en un dispositivo durante un Inicio Secuencial dejará la secuencia en "HOLD".

Para iniciarla mediante la secuencia, la unidad debe estar en buenas condiciones y en "SEQUENCE" (secuencia). Antes de iniciar, no es necesario tener en buenas condiciones todas las unidades de una secuencia dado que aun así esta se puede iniciar.

La secuencia iniciará hasta la primera unidad

Defectuosa o que esté en "INDIVIDUAL" y después "HOLD".

Cualquier unidad que se dejé en modo "Bypass" no iniciará con el Inicio de Secuencia, el que no la tomará en cuenta y continuará al próximo paso de la secuencia. De manera similar, cualquier válvula o bucle que se deje en modo "Manual" no se activará mediante el Inicio de Secuencia. Sin embargo, antes de comenzar una secuencia, constituye una buena práctica asegurarse de que el equipo y los bucles se encuentren en el modo correcto y en buenas condiciones. Esto puede realizarse al revisar el indicador de "Sequence Status" (Estado de la Secuencia) en la ventana emergente de control de secuencia "Sequence Control Pop-up".

Cuando la secuencia se encuentre en "HOLD" esperará hasta que el operador ingrese otro comando de Inicio de Secuencia.

Una vez que la planta ha comenzado el Inicio de Secuencia con todas las unidades en "SEQUENCE", cualquier obstrucción de la unidad detendrá de manera automática y en forma instantánea todas las otras unidades que la preceden en la secuencia.

## PREPARACIÓN PARA INICIAR

Antes de comenzar, es importante caminar en la planta para revisar el equipo, en especial, luego de un mantenimiento. Cuando sea posible, las revisiones visuales en el campo deben compararse con la información que se muestra en la Interfaz del Sistema de Control. En las siguientes secciones se proporciona una lista de chequeo general previa al inicio; sin embargo, las revisiones no deben limitarse a estos puntos y deberían incorporar cualquier otro punto que los operadores consideren necesario.

El operador debería considerar la revisión de las pantallas (Mimics) para asegurar que todo el equipo en la secuencia esté preparado y en el modo correcto. Esto puede realizarse rápidamente al llamar la Simulación General de la Secuencia (Figura 2.1.) o las ventanas emergentes de estado de la secuencia "Sequence Status Pop-ups". De la misma manera, constituye una buena práctica revisar todos los menús de detalle del área para confirmar que todos los lazos estén en el modo correcto.

Para monitorear el progreso de los inicios, se recomienda que el control de la secuencia en la pantalla se utilice para iniciar la secuencia. Al comenzar la secuencia de esta manera, el operador puede ver iniciar el equipo y lograr un entendimiento de la secuencia de inicio.

Antes de iniciar la Secuencia de la Planta, el operador debe revisar los criterios de selección de la secuencia de la planta.

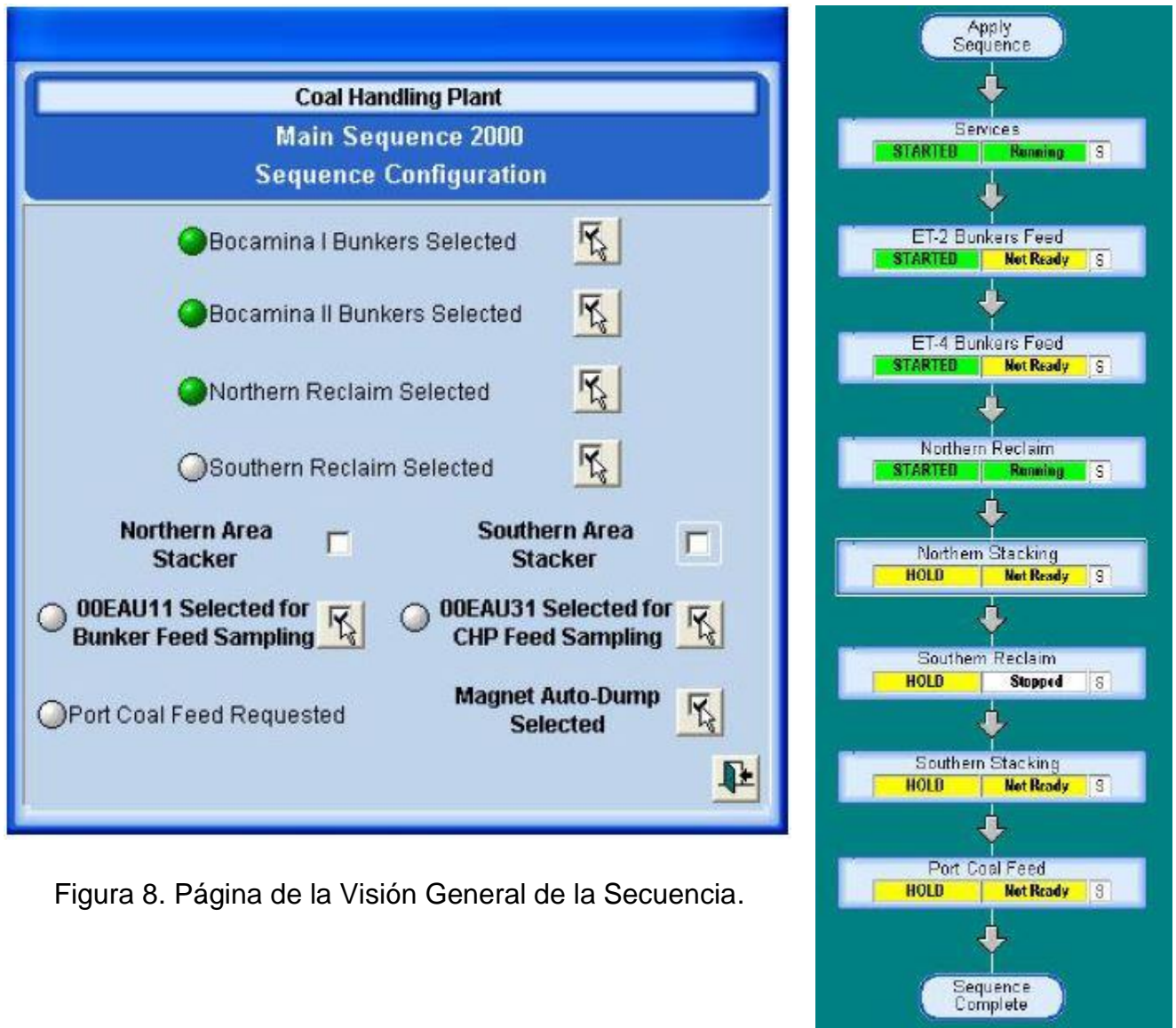


Figura 8. Página de la Visión General de la Secuencia.

Si todos los dispositivos se encuentran en Modo de Secuencia y muestran el estado de Detenido, cierre la Ventana de la Visión General de la Secuencia y utilice el botón de la Planta de Preparación de Carbón de la Visión General de la Planta para que aparezca la ventana emergente de Control de la Secuencia, Figura 2.3, e inicie la Secuencia.

---

## LA INDUSTRIA DE LA CORREA TRANSPORTADORA

---

## CAPITULO V. LA INDUSTRIA DE LA CORREA TRANSPORTADORA

En los últimos 15 años hubo un salto tecnológico, así lo destacan ingenieros civil mecánicos de la universidad de Chile, quienes ven que los fabricantes desarrollan tecnologías para aumentar la resistencia y fortaleza.

Diez años más tarde se avanzó en la incorporación de sensores y monitoreo vía internet, pero los avances de estos equipos no se han detenido ya que las compañías mineras vienen incorporando muy fuerte “las nociones de confiabilidad en el transporte de mineral” lo cual se refiere al grado de predictibilidad sobre la posible falla de una correa transportadora.



Figura 9. Cubiertas de una correa transportadora.

### 5.1 CINTAS TRANSPORTADORAS

El diseño de las cintas transportadoras multicapa permite su aplicación en todas las áreas de manipulación de materiales. Gracias a la construcción de la carcasa y a la calidad del revestimiento, estas correas se destacan por su confiabilidad y larga vida útil en todas las aplicaciones industriales, tanto para aplicaciones generales como manipulación de materiales de bordes cortantes y extremadamente abrasivos.

## 5.2 CONSTRUCCIÓN DE CORREA TRANSPORTADORA MULTICAPA

- Carcasa Multicapa EP ( Base de poliéster / trama de poliamida )
- Capa de caucho especial con buenas propiedades de adhesión de fábrica.
- Revestimiento altamente resistente a la abrasión
- Calidad especial del revestimiento ha pedido.

TABLA 4. TIPOS DE REVESTIMIENTOS Y SU APLICACIÓN EN EL MERCADO.

TIPO DE REVESTIMIENTO						
	Y	X	W	WH	WL	SUPRA WL
APLICACIÓN	Revestimiento altamente resistente a la abrasión para usos generales	Revestimiento altamente resistente a la abrasión para aplicaciones exigentes	Revestimiento altamente resistente a la abrasión para materiales extremadamente abrasivos	Para transporte de materiales extremadamente abrasivos y cortantes.	Para transporte de materiales extremadamente abrasivos o desgastados debido a la limpieza de la banda (yeso REA)	Para transporte de materiales extremadamente abrasivos
ABRASIÓN	< 130 mm <sup>3</sup>	< 120 mm <sup>3</sup>	< 90 mm <sup>3</sup>	< 90 mm <sup>3</sup>	< 55 mm <sup>3</sup>	< 35 mm <sup>3</sup>
DUREZA	60 +/- 5 Sh <sup>o</sup> A	65 +/- 5 Sh <sup>o</sup> A	62 +/- 5 Sh <sup>o</sup> A	75 +/- 5 Sh <sup>o</sup> A	62 +/- 5 Sh <sup>o</sup> A	62 +/- 5 Sh <sup>o</sup> A
TEMPERATURA AMBIENTE	-50°C ... +60°C	-50°C ... +60°C	-50°C ... +60°C	-50°C ... +60°C	-50°C ... +60°C	-50°C ... +60°C

- Industria de la arena, grava y piedra.
- Plantas de cemento y hormigón.
- Estaciones de calefacción y electricidad, plantas de incineración de residuos.
- Industria del reciclado y el compost, plantas de procesamiento de minerales
- Industria maderera y aserraderos.
- Transporte de escoria
- Yeso, vidrio molido
- Arena sílica o materiales que contengan arena sílicea y transportadores ascendentes con materia ( arcilla o arcilla blanca )

TABLA 5. N° DE CAPAS DE TELAS SEGÚN RANGO DE TENSIÓN PERMITIDO

Rango de tensión de la banda máx. permitida	N° de capas	TIPO DE FABRICACIÓN														
		EP 125			EP 160			EP 200			EP 250 - EP 315			EP 400 - EP 500		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
65-100 %	2	200	160	160	250	200	160	315	250	200						
	3	315	250	200	400	315	250	500	400	315	630	500	400	800	630	500
	4	400	315	250	500	400	315	630	500	400	800	630	500	1000	800	630
	5	500	400	315	630	500	400	800	630	500	1000	800	630	1250	1000	800
	6	630	500	400	800	630	500	1000	800	630	1250	1000	800	1600	1250	1000
30-60 %	2	200	160	160	200	160	160	250	200	160						
	3	250	200	160	315	250	200	400	315	250	500	400	315	630	500	400
	4	315	250	200	400	315	250	500	400	315	630	500	400	800	630	500
	5	400	315	250	500	400	315	630	500	400	800	630	500	1000	800	630
	6	500	400	315	630	500	400	800	630	500	1000	800	630	1250	1000	800
bajo 30 %	2	160	160	160	160	160	160	200	200	160						
	3	200	160	160	250	200	160	315	250	200	400	315	250	500	400	315
	4	250	200	200	315	250	200	400	315	250	500	400	315	630	500	400
	5	315	250	250	400	315	250	500	400	315	630	500	400	800	630	500
	6	400	315	315	500	400	315	630	500	400	800	630	500	1000	800	630

Al transportar grandes cantidades de sólidos pueden generarse dificultades, tales como la auto-ignición de la mercadería transportada o de la correa transportadora misma, es por ello que se han desarrollado tipos especiales de caucho auto extingible, para así garantizar una seguridad de primer nivel.

### 5.3 TIPOS DE CORREAS TRANSPORTADORAS DISPONIBLES:

- Tipo K: resistente a la llama, con revestimiento de caucho en conformidad con la norma DIN en ISO 340:2007 y antiestática, en conformidad con DIN en ISO 284:2004.
- Tipo K-MOR: resistencia media al aceite y a la grasa, resistente a la llama, con revestimiento de caucho en conformidad con la norma DIN EN ISO 340:2007 y antiestática en conformidad con la norma DIN EN ISO 284:2004.
- Tipo S: resistente a la llama con y sin revestimiento de caucho en conformidad con la norma DIN EN ISO 340:2007 y antiestática en conformidad con DIN EN ISO 284:2004.
- Tipo S-MOR: resistencia media al aceite y a la grasa, resistente a la llama con y sin revestimiento de caucho en conformidad con DIN EN ISO 340:2007 y antiestática en conformidad con DIN EN ISO 284:2004.

TABLA 6. CALIDAD DE LOS RECUBRIMIENTOS SEGÚN LA NORMA DIN 22102

Calidad de los recubrimientos según la Norma DIN 22102

Calidad de los Recubrimientos	W	X	Y	Z
Resistencia a la tracción Longitudinal [N/mm <sup>2</sup> ]	18	25	20	15
Alargamiento de rotura longitudinal [%]	400	450	400	350
Abrasión [mm <sup>3</sup> ]	90	120	150	250

<http://vulkengineering.com/servicios.html>

#### 5.4 ANCHOS DE LA CORREA TRANSPORTADORA

El ancho de cinta ha sido estandarizado por la norma DIN y por la norma ISO, en medidas métricas cuyos valores vienen definidos en la siguiente tabla:

TABLA 7. CORREAS TRANSPORTADORAS RIPCHECK

Tipo de correa	TIPO (N/mm)	Nº de capas	ANCHO				
			500	650	800	1000	1200
EP 500/3 + 1RC 5/2 Y	EP 160	3		●	●	●	●
EP 500/3 + 1RC 10/3 Y	EP 160	3				●	●

[www.ulmaconveyor.com](http://www.ulmaconveyor.com)

El espesor de las telas influye en el cálculo del diámetro de los tambores, pues el espesor de los recubrimientos de goma apenas influye en la rigidez. El espesor total de la cinta será la suma del espesor de cada una de las telas más el espesor de cada recubrimiento.

#### 5.5 UNIONES MECÁNICAS DE CORREAS TRANSPORTADORAS

Las uniones mecánicas de correas transportadoras pueden ser en vulcanizados o grapas. Para las correas con un largo menor a 30 metros tienen un vulcanizado en caliente realizado en fábrica, por el contrario las correas largas tiene uniones realizadas con grapas metálicas.

Las condiciones que debe cumplir una unión con grapas son las siguientes:

- Garantizar igual resistencia en el arranque que en la propia correa
- Facilitar la adaptación de los tambores
- Posibilitar la adaptación en los dos sentidos
- Poseer flexibilidad transversal
- No deteriorar las telas de las correas

**TABLA 8. SELECCIÓN DE GRAPAS SEGÚN ESPESOR DE CINTA TRANSPORTADORA**

Tamaños de grapa	Espesor de correa		Grapas mecánicas con rangos		Diámetro mínimo de poleas recomendado	
	Pulgadas	mm	P.I.W	kN/m	Pulg.	mm
1	3/16-7/16	5-11	150	30	12	300
140	3/16-7/16	5-11	225	40	14	350
190	5/16-9/16	8-14	330	60	18	450
1-1/2	7/16-11/16	11-17	300	50	18	450
2	9/16-13/16	14-21	440	75	30	750
2-1/4	9/16-1-3/16	14-30	620	105	36	900
2-1/2	3/4-1	19-25	450	75	42	1050
3	15/16 y más	24 y mas	560	100	48	1200

<http://clientes.bcsoporte.com/tecniband>



**Figura 10. Grapa de Unión Mecánica**  
 Información proporcionada por Flexco

## 5.6 ANALIZAR TÉCNICAMENTE LA CORREA TRANSPORTADORA

- Analizar la función principal de todos los componentes de la correa transportadora.

### CHUTE DE TRASPASO

La función principal del chute es forzar el traspaso de mineral con el propósito de evitar el atollo de mineral en el interior de los chutes en el traspaso.

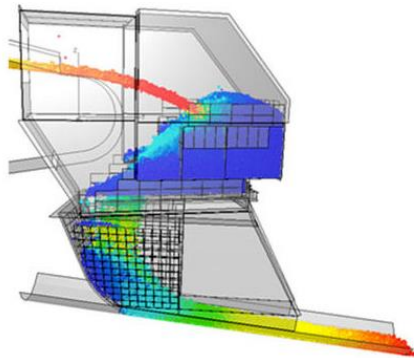


Figura 11. Modelo chute de traspaso de carbón

### ENCAUZADOR

Es un elemento importante para evitar la pérdida de material en la zona de descarga de la tolva. Situado por el borde de la cinta en los primeros metros, impide que los trozos de carbón salten y caigan cuando estos rebotan sobre la cinta



Figura 12. Encauzador de carbón

## BASTIDORES

Los bastidores son estructuras metálicas que constituyen el soporte de la correa transportadora y demás elementos de la instalación entre el punto de alimentación y la descarga del material.



Figura 13. Bastidores

## RODILLOS DE CARGA

Son los que transportan a lo largo de la cinta transportadora la carga de esta, generalmente son de tubo de acero y pueden ser de configuración de carga normal triple (consta de un bastidor y 3 rodillos) que son los más usados.



Figura 14. Rodillos de carga

## RODILLOS DE IMPACTO

Estos rodillos son los que reciben la carga en la cinta transportadora; están ubicados debajo de los chutes o tolvas por donde ingresa la carga, generalmente son de caucho debido a que absorben mejor el impacto.



Figura 15. Rodillos de impacto

## RODILLOS DE RETORNO

Estos rodillos van ubicados en la parte inferior de la estructura de la cinta transportadora, y la cinta se apoya en ellos cuando empieza la secuencia de retorno hacia la zona donde va a recibir nuevamente la carga.



Figura 16. Rodillos de retorno

## RODILLOS AUTO-ALINEABLES

Los rodillos auto alineante sirven para evitar que la cinta se desalinee a lo largo de su tramo debido al trabajo realizado; también se colocan en la zona de retorno rodillos autoalineantes.



Figura 17. Rodillos auto-alienable

## TAMBORES DE COLA Y MOTRICEZ

Los tambores son los encargados de transmitir las fuerzas tangenciales a la correa. Están compuestos por un recubrimiento, un elemento de unión (eje) y un envolvente cilíndrico y discos laterales, formando un solo cuerpo.



Figura 18. Tambor de cola y motriz

## SISTEMA DE CONTRAPESOS

La función principal del contrapeso es darle la tensión correcta mediante un tensor por gravedad que está compuesto por perfiles verticales que sirven como guía a una caja de contrapeso la cual está llena de grava.

Encima del rodillo se encuentra un raspador en forma triangular el cual se encarga de limpiar y evitar que pase granel hacia el tambor del contrapeso.



Figura 19. Tensores de gravedad (Contrapesos)

## RASPADOR PRIMARIO

El raspador primario con cuchillas de poliuretano está diseñado especialmente para la limpieza preliminar. El diseño especial de las cuchillas garantiza una limpieza.

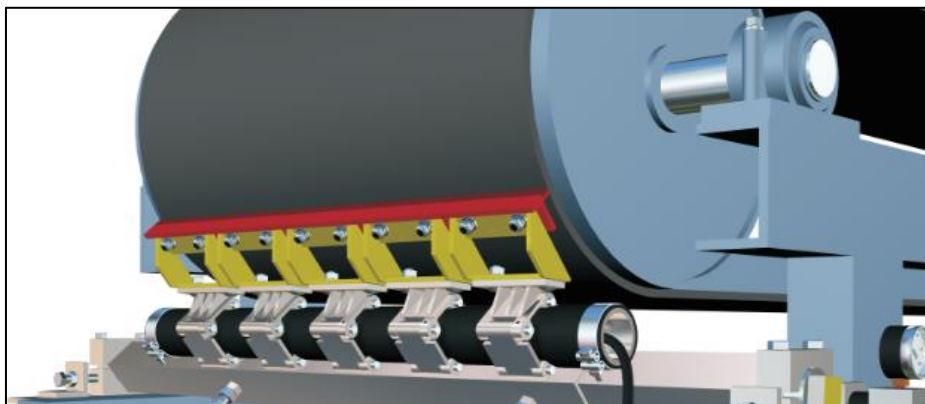


Figura 20. Raspador primario

## RASPADOR SECUNDARIO

El raspador secundario recto opera bajo la polea de descarga, dentro del chute, donde realiza la limpieza principal a todo el ancho de la correa transportadora.

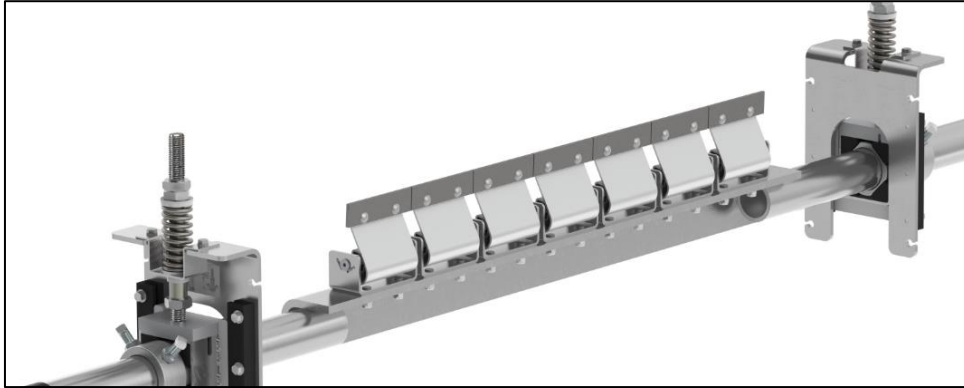


Figura 21. Raspador secundario

## RASPADOR DE ARADO TIPO-V

El rascador VPlow de torsión se monta con una suspensión única que permite al rascador elevarse y bajar con las fluctuaciones en la tensión y el desplazamiento de la cinta. Esto hace que sea autoajutable para una limpieza eficiente en todas las etapas de desgaste de la cuchilla.

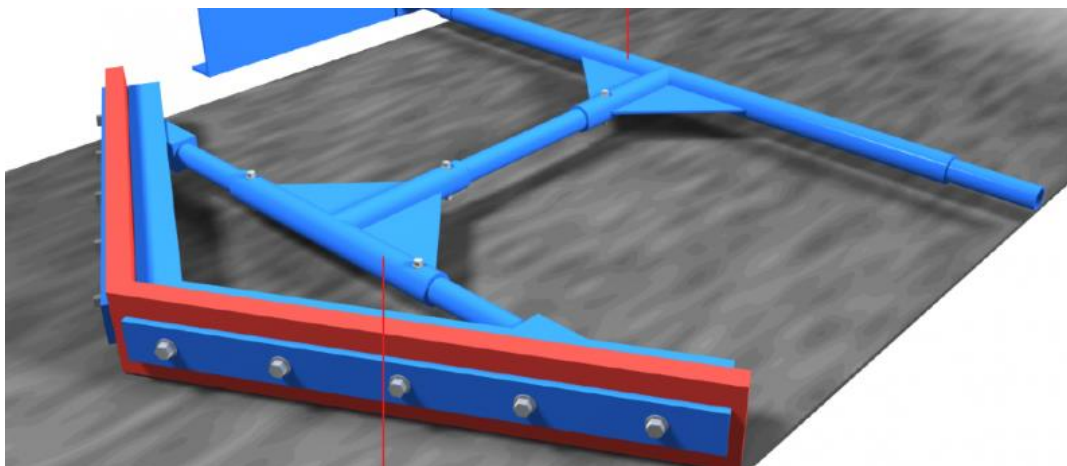


Figura 22. Raspador de arado tipo-v

## CUBRE CINTAS

La función principal es evitar que exista polución de carbón en el ambiente exterior. Estas son retractiles para que el operador pueda buscar materiales entre el carbón que el detector de metales no pueda encontrar.



Figura 23. Cubiertas de cinta transportadora

## MOTOR ELECTRICO

El motor eléctrico es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas.

Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas por un estator y un rotor.

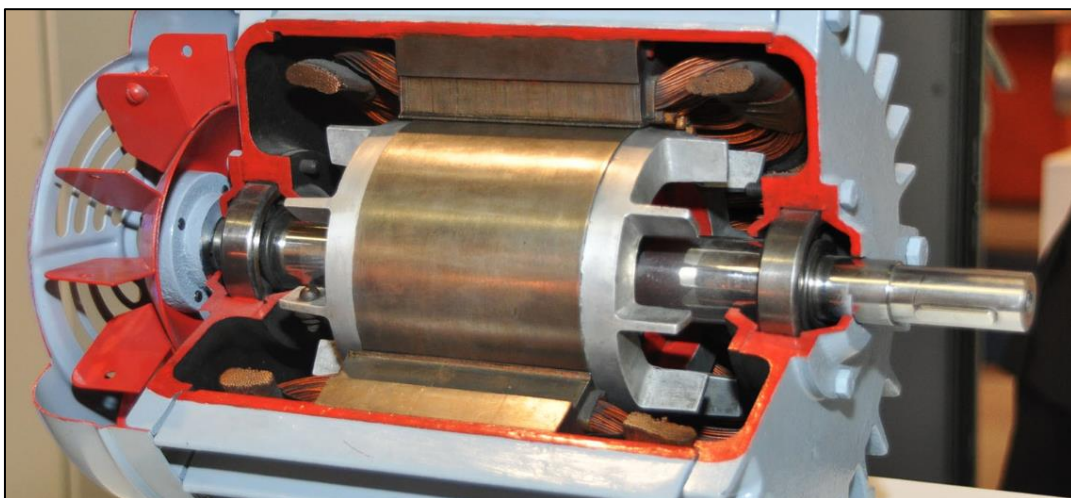


Figura 24. Motor eléctrico.

## REDUCTOR DE VELOCIDAD

Toda máquina cuyo movimiento sea generado por un motor (ya sea eléctrico, de explosión u otro) necesita que la velocidad de dicho motor se adapte a la velocidad necesaria para el buen funcionamiento de la máquina.

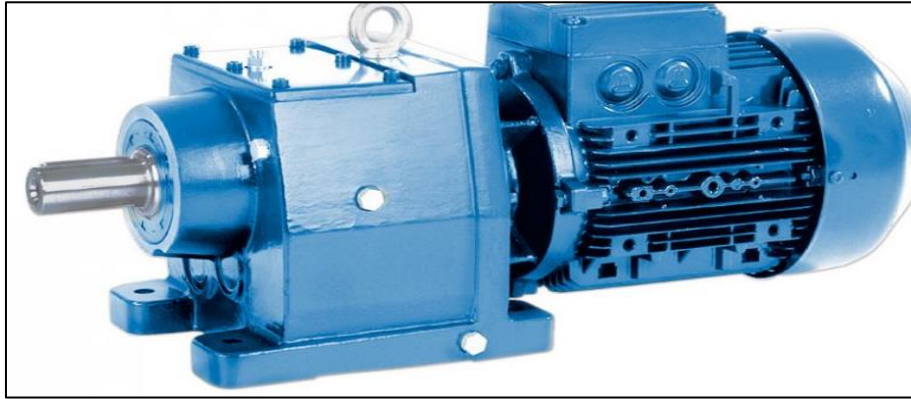


Figura 25. Reductor de velocidad.

## ACOPLAMIENTO HIDRÁULICO

Elemento de transmisión de potencia que basa su funcionamiento en el Principio de Föttinger. De acuerdo con ese principio, una determinada potencia puede ser transmitida de un eje rotante (eje de entrada o eje motor) a otro eje (eje de salida) a través de dos ruedas aladeadas y un fluido de transmisión.

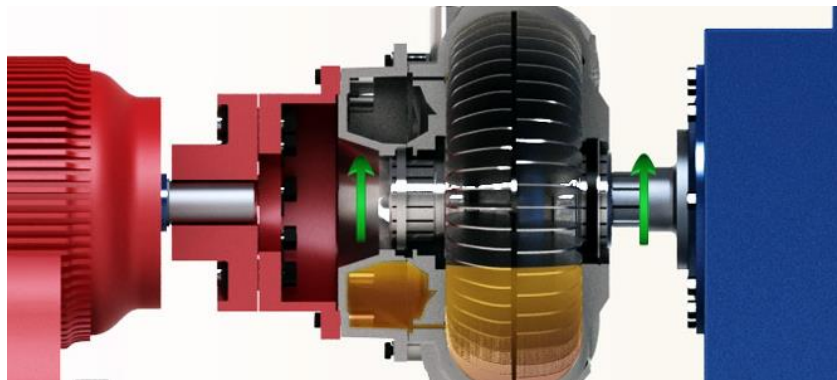


Figura 26. Acoplamiento hidráulico.

## ACOPLAMIENTO MECÁNICO FLEXIBLE

Se llama acoplamiento mecánico a una serie de enlaces rígidos, con ligamentos que forman una cadena cerrada.



Figura 27. Acoplamiento mecánico flexible

## SISTEMA AUXILIARES DE UNA CINTA TRANSPORTADORA

### PESOMETRO

El pesaje dinámico en transporte de sólidos se realiza con una balanza de correa denominada "pesómetro", que se ha convertido hoy en un importante activo en los procesos productivos, ayudando a maximizar el uso de materiales sólidos a granel, control de inventario y a la fabricación consistente de productos.



Figura 28. Pesómetro.

## PARADA DE EMERGENCIA (PULSADOR)

Dispositivo de seguridad tipo botonera la cual tiene la función principal de detener la maquina lo más rápido posible.



Figura 29. Parada de emergencia.

## TRAMPA MAGNETICA

La trampa magnética es construida en acero inoxidable anti magnético. Con potentes placas magnéticas permanentes ubicadas en los laterales del cuerpo y ángulo deflector en la boca de entrada que guía al producto sobre las mismas. Construcción hermética apta para polvos, juntas de calidad sanitaria. Su función principal es detectar los metales no ferrosos para eliminarlos en el proceso de carguío.

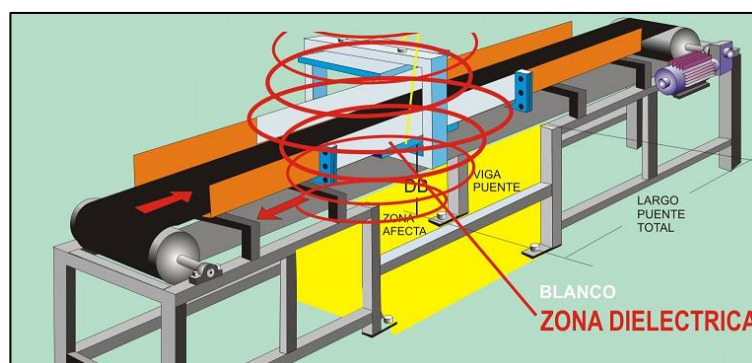


Figura 30. Trampa magnética.

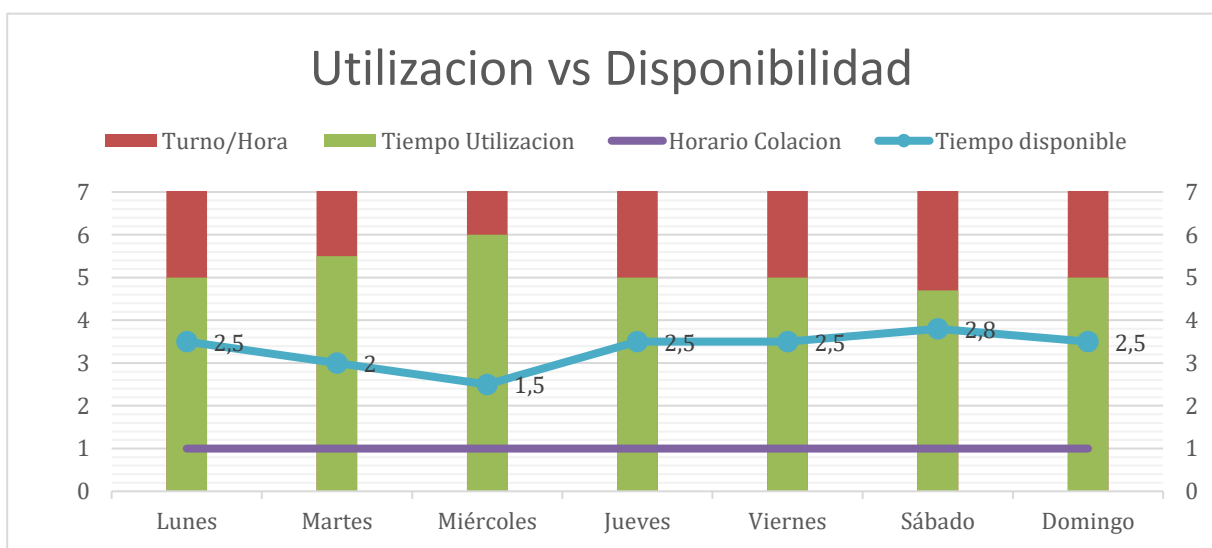
**5.7 DETERMINAR LA PRODUCTIVIDAD REAL V/S EL TIEMPO DISPONIBLE PARA MANTENIMIENTO.**

La central de energía bocamina trabaja bajo un proceso continuo de 365 días del año. Sin duda el factor disponibilidad es el más importante en mantenimiento y el que más posibilidades de manipulación tiene, a continuación se muestran dos tablas de comparación de utilización vs disponibilidad.

**TABLA 9. TABLA COMPARATIVA DE UTILIZACIÓN VS/S DISPONIBILIDAD**

Día	Turno/Hora	T. Utilización	T. Disponible	Hora CL
Lunes	7,5 Hrs	5 Hrs	2,5 Hrs	1 Hora
Martes	7,5 Hrs	5,5 Hrs	2 Hrs	1 Hora
Miércoles	7,5 Hrs	6 Hrs	1,5 Hrs	1 Hora
Jueves	7,5 Hrs	5 Hrs	2,5 Hrs	1 Hora
Viernes	7,5 Hrs	5 Hrs	2,5 Hrs	1 Hora
Sábado	7,5 Hrs	4,7 hrs	2,8 hrs	1 Hora
Domingo	7,5 Hrs	5 hrs	2,5 Hrs	1 Hora

Elaboración propia; Adaptado de "Bocamina"



**Figura 31. Grafico comparativo Utilización v/s Disponibilidad**

En la Tabla N°1 se puede apreciar que existe entre 4,5 a 6 Horas de utilización de la correa transportadora para cargar la unidad, y un lapso de 2,5 Horas para realizar algún tipo de mantenimiento preventivo o correctivo según sea la necesidad.

TABLA 10. COMPARACION UTILIZACIÓN VS/S DISPONIBILIDAD CON EQUIPOS NUEVOS

Día	Turno/Hora	T. Utilización	T. Disponible	Hora CL
Lunes	7,5 Hrs	3,4 Hrs	4,1 Hrs	1 Hora
Martes	7,5 Hrs	3,6 Hrs	3,9 Hrs	1 Hora
Miércoles	7,5 Hrs	3,4 Hrs	4,1 Hrs	1 Hora
Jueves	7,5 Hrs	3,6 Hrs	3,9 Hrs	1 Hora
Viernes	7,5 Hrs	3,4 Hrs	4,1 Hrs	1 Hora
Sábado	7,5 Hrs	3,6 hrs	3,9 Hrs	1 Hora
Domingo	7,5 Hrs	3,5 hrs	4,1 Hrs	1 Hora

Elaboración propia; Adaptado de "Bocamina"

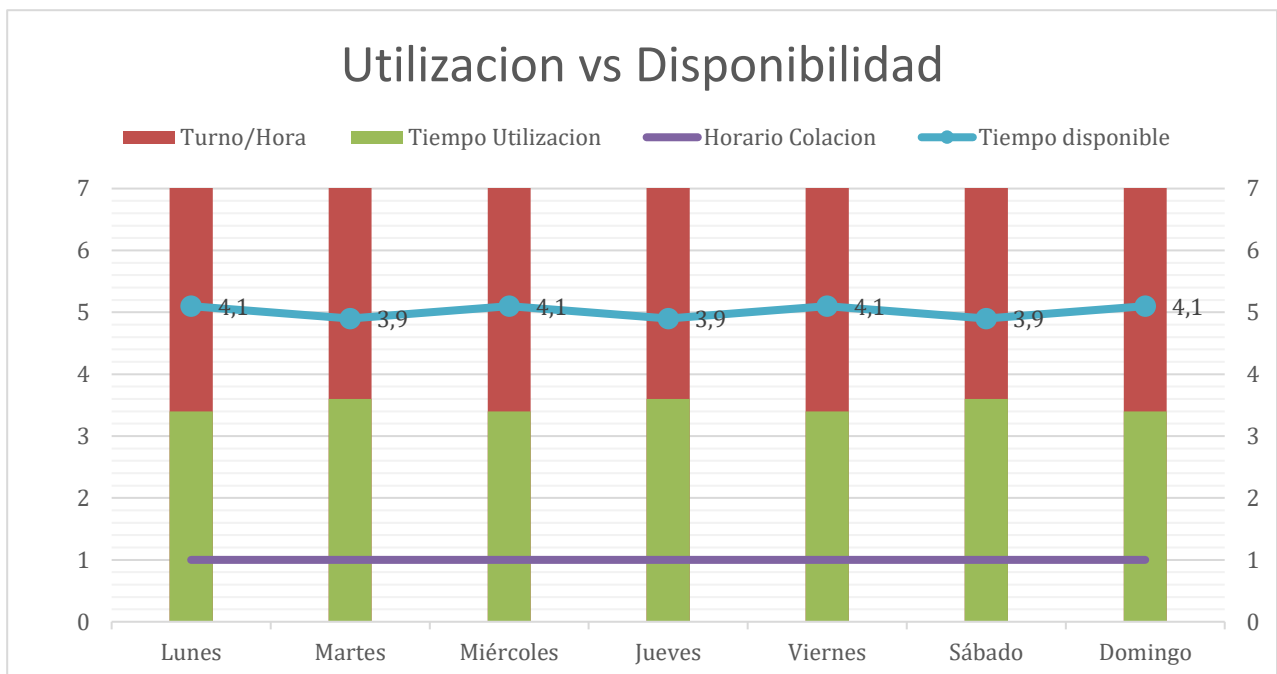


Figura 32. Grafico comparativo Utilización v/s Disponibilidad (mejorado)

En la Tabla N°2 se puede apreciar una utilización de 3,5 Horas en la media con una disponibilidad de 4,1 horas para atender cualquier tipo de mantenimiento preventivo o correctivo.

## CONCLUSIÓN

Si comparamos la tabla N°1 y N°2 existe una gran diferencia de utilización y disponibilidad ya que esto se debe a la mejora propuesta para poder realizar mayores intervenciones a los equipos solicitados. Por lo cual la mejora es sustentable.

## CAPITULO VI. PARAMETROS DE OPERACIÓN

### 6.1 ESTUDIAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA CORREA TRANSPORTADORA USANDO LA SIGUIENTE METODOLOGÍA

#### DETERMINAR LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN

A continuación se muestran los parámetros operacionales de la correa transportadora ET-2 donde podemos identificar la capacidad de flujo por T/h, distancia recorrida, características de la correa transportadora y datos técnicos de los equipos motrices.

TABLA 11. DATOS TÉCNICOS DE CINTA TRANSPORTADORA ET-2

#### DESCRIPCIÓN CORREA TRANSPORTADORA

Descripción	M PE 400/2 SP 0
Ancho de la correa	800 ( mm )
Largo total de la correa	300 mts Aprox
Espesor de la correa	9 ( mm )

Elaboración propia; Adaptado de "Bocamina"

#### PARÁMETROS OPERACIONALES DE LA CORREA TRANSPORTADORA

Capacidad de la cinta	250 Ton/h
Capacidad de la cinta	1,86 mts
Distancia entre ejes de tambores	140 mts
Distancia entre el chute y T. motriz	113 mts
Altura del tambor motriz	16,2 mts
Inclinación de trabajo	+15°
Potencia de trabajo	37 Kw
Índice de reducción	1:31,4
Angulo de la terne carga	30°

#### CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL A TRANSPORTAR

Tipo de Material	Carbón Mineral
Peso específico	1 Ton / m <sup>3</sup>
Tamaño del material a transportar	0 a 50 (mm)
Temperatura	30 a 45°C ( Encapsulado )
Índice de humedad	5 al 10 %

Elaboración propia; Adaptado de “Bocamina”

#### DATOS TÉCNICOS TAMBOR MOTRIZ

Diámetro Tambor motriz	800 (mm)
Diámetro tambor de cola y polea	500 (mm)
Espesor revestimiento ( Tipo rombo )	12 (mm)

Elaboración propia; Adaptado de “Bocamina”

#### DATOS TÉCNICOS RODILLOS DE TRANSPORTE

Diámetro de rodillos de transporte	108 (mm)
Largo rodillo de carga	300 (mm)
Largo rodillo de impacto	300 (mm)

Elaboración propia; Adaptado de “Bocamina”

#### DATOS CARACTERÍSTICOS DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD

I	21,7
P	53.2 kw ( 71.3 hp )
N Entrada	1400 rpm
N Salida	64,45 rpm
Tipo	Helicoidal

Elaboración propia; Adaptado de “Bocamina”

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE MOTOR ELECTRICO

Marca	ANSALDO SAN GIORGIO
Tipo	225 S/4
Numero	408741
Potencia	37 Kw
RPM	1470
Frecuencia	50Hz
Voltaje	380 v
Corriente	71 A
Procedencia	Italia

Elaboración propia; Adaptado de “Bocamina”

### 6.2 DETERMINAR LA PRODUCTIVIDAD REAL.

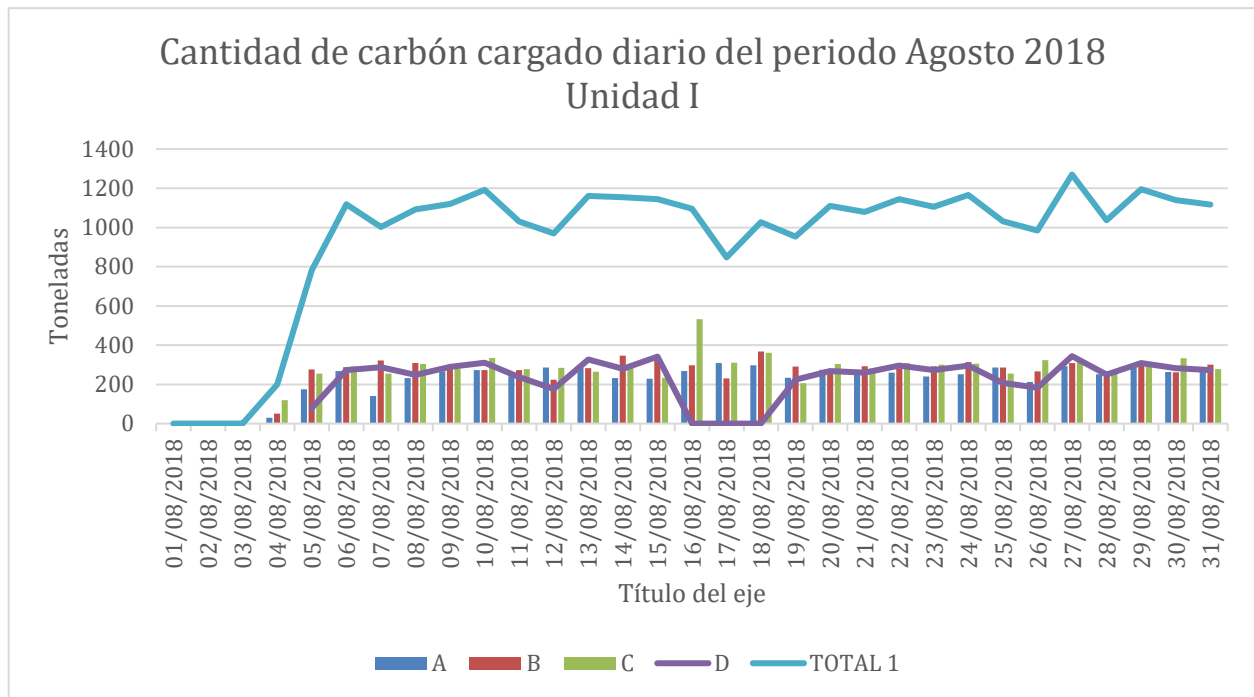
Durante el proceso de traslado de carbón mineral por medio de cintas transportadoras para la generación de energía de la unidad térmica bocamina 1 y 2.

La relación de carguío de la Unidad I es de 250 ton/hr determinado por los requerimientos de fabricación de aquella época. Sin embargo en el año 2010 dado el déficit energético nacional, inicia sus operaciones una nueva central termoeléctrica bocamina 2

El sistema de traslado de carbón de Bocamina 1 se debió adaptar al nuevo diseño de cintas transportadoras el cual tiene una relación de traslado de carbón de 1000 ton/hr ya que este sistema debe abastecer ambas centrales, sin embargo los silos de Bocamina 1 aún siguen el llenado a una relación de 250 ton/hr, esto es debido a que la cinta trasportadora (ET-2) encargada de llevar el material hasta estos silos es la única que quedó del sistema antiguo que data de 1970.

CONTROL DIARIO MOVIMIENTO POR SILOS / BUNKER							
	UNIDAD 1						Acumulado
Fecha	A	B	C	D	TOTAL 1	TOTAL DIARIO	
01-08-2018					0	0	0
02-08-2018					0	0	0
03-08-2018					0	0	0
04-08-2018	30	51	119		200	200	200
05-08-2018	174	276	254	78	782	782	982
06-08-2018	267	288	291	273	1.119	1.119	2.101
07-08-2018	141	321	254	287	1.003	1.003	3.104
08-08-2018	232	308	304	248	1.092	1.092	4.196
09-08-2018	266	286	279	289	1.120	1.120	5.316
10-08-2018	273	273	335	311	1.192	1.192	6.508
11-08-2018	242	273	278	237	1.030	1.030	7.538
12-08-2018	286	223	284	177	970	970	8.508
13-08-2018	286	283	265	327	1.161	1.161	9.669
14-08-2018	232	346	297	280	1.155	1.155	10.824
15-08-2018	229	341	233	342	1.145	1.145	11.969
16-08-2018	267	297	532	0	1.096	1.096	13.065
17-08-2018	308	230	310	0	848	848	13.913
18-08-2018	298	368	361	0	1.027	1.027	14.940
19-08-2018	233	291	206	224	954	954	15.894
20-08-2018	274	266	303	267	1.110	1.110	17.004
21-08-2018	248	293	279	260	1.080	1.080	18.084
22-08-2018	259	281	308	296	1.144	1.144	19.228
23-08-2018	240	292	301	273	1.106	1.106	20.334
24-08-2018	252	314	305	295	1.166	1.166	21.500
25-08-2018	285	285	255	207	1.032	1.032	22.532
26-08-2018	212	266	324	183	985	985	23.517
27-08-2018	293	308	325	344	1.270	1.270	24.787
28-08-2018	251	266	269	250	1.036	1.036	25.823
29-08-2018	288	302	297	308	1.195	1.195	27.018
30-08-2018	263	261	333	283	1.140	1.140	28.158
31-08-2018	265	301	277	273	1.116	1.116	29.274
TOTAL	6.894	7.890	8.178	6.312	29.274	29.274	

### 6.3 CONTROL DIARIO MOVIMIENTO POR SILOS / BUNKER



El gráfico de toneladas cargadas diarias indica la cantidad de carbón cargada a la central mediante el uso de cargadores frontales hacia los reclamadores de carbón.

Este indica el consumo diario por cada silo, cuando de los cuatro silos tiene mayor consumo por lo cual también indica a cual se le carga mayor cantidad de carbón.

Mediante un análisis podemos saber cuál de los silos queda como reserva (según el consumo) y cuáles son los prioritarios para el consumo de la central.

CONTROL DIARIO MOVIMIENTO POR SILOS / BUNKER					
Fecha	TOTAL DIARIO	Fecha	TOTAL DIARIO	Fecha	TOTAL DIARIO
01-08-2018	0	11-08-2018	1030	21-08-2018	1080
02-08-2018	0	12-08-2018	970	22-08-2018	1144
03-08-2018	0	13-08-2018	1161	23-08-2018	1106
04-08-2018	200	14-08-2018	1155	24-08-2018	1166
05-08-2018	782	15-08-2018	1145	25-08-2018	1032
06-08-2018	1119	16-08-2018	1096	26-08-2018	985
07-08-2018	1003	17-08-2018	848	27-08-2018	1270
08-08-2018	1092	18-08-2018	1027	28-08-2018	1036
09-08-2018	1120	19-08-2018	954	29-08-2018	1195
10-08-2018	1192	20-08-2018	1110	30-08-2018	1140
				31-08-2018	1116
					\$29.274

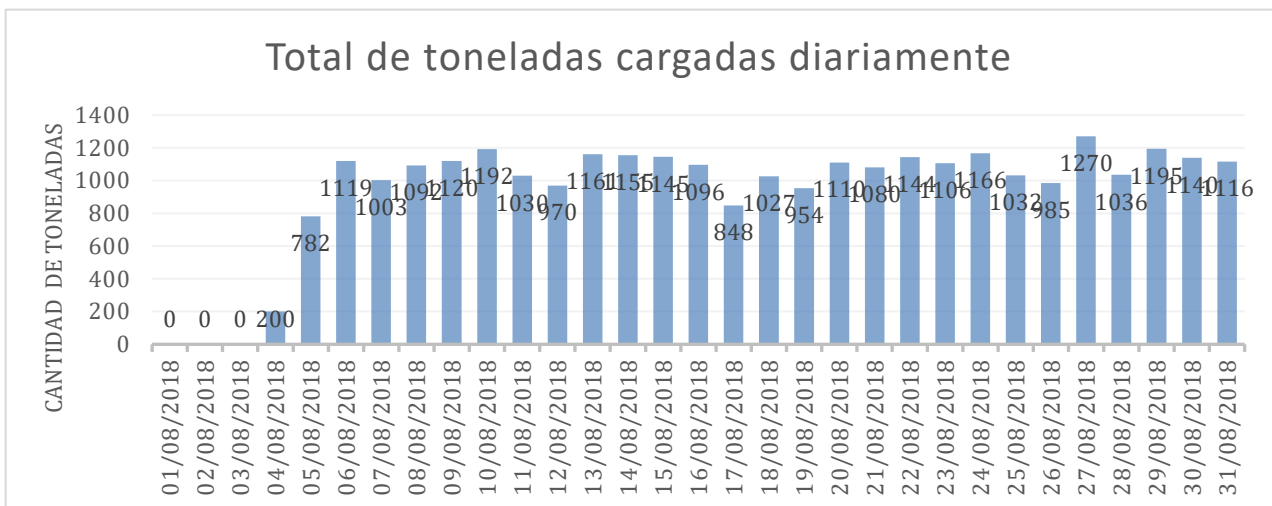


Figura 34. Gráfico de movimiento de carbón diario.

El gráfico de Toneladas cargadas diarias indica el consumo de la central a plena carga (generando 128MW) los días 01 al 04 de enero no se muestra un consumo de carbón lo que indica que la central se encuentra fuera de servicio o por costo marginal (no en explotación pero en servicio)

## Conclusiones

En relación al carguío de carbón y tiempo de producción podemos analizar que existen aproximadamente 5 a 6 horas en que los equipos se encuentran en servicio es decir realizando el carguío de la central por lo cual no existe un tiempo razonable para ejecutar algún tipo de mantenimiento especializado a estos equipos.

En las tablas de datos y gráficos se refleja que el carguío en Toneladas es variable dependiendo de la cantidad de carbón consumida por la central para producción. Esto nos indica que la disponibilidad de la cinta transportadora y equipos es variable de acuerdo al horario disponible por el personal.

## 6.4 EVALUAR EL REEMPLAZO DE LOS COMPONENTES DE LA CORREA TRANSPORTADORA

Determinar la mejora de los componentes de la correa transportadora considerando el tiempo de productividad y el tiempo de carguío.

### 6.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante el proceso de traslado de carbón mineral que se realiza por medios de cintas transportadoras. Dicha materia prima es utilizada para la generación de energía de la unidad térmica bocamina 1 y 2.

La relación de carguío de la Unidad I es de 250 ton/hr determinado por los requerimientos de fabricación de aquella época. Sin embargo en el año 2010 dado el déficit energético nacional, inicia sus operaciones una nueva central termoeléctrica (bocamina 2).

El sistema de traslado de carbón de Bocamina 1 se debió adaptar al nuevo diseño de cintas transportadoras el cual tiene una relación de traslado de carbón de 1000 ton/hr ya que este sistema debe abastecer ambas centrales, sin embargo los silos de Bocamina 1 aún siguen el llenado a una relación de 250 ton/hr, esto es debido a que la cinta transportadora (ET-2) encargada de llevar el material hasta estos silos es la única que quedó del sistema antiguo que data de 1970.



*Imagen 1: Estructura Banda transportadora*



*Imagen 2: interior banda transportadora*

**Figura 35. Cinta transportadora Unidad I**

En ocasiones ambas unidades son cargadas simultáneamente con la misma calidad de carbón, no obstante la mayoría de las veces se emplean distintas calidades para cada unidad, por tal razón se debe llenar sólo una central a la vez, dada las restricciones por parte del Ministerio de Salud para los horarios de funcionamiento del sistema de traspaso de carbón (07:00am a 21:00pm). Esta restricción y el consumo de carbón en la generación de energía de la central térmica Bocamina 2, esto hace que se abastezcan primero los silos de Bocamina 2 puesto que al iniciar el turno (07:00 Am) los silos alcanzan niveles de vacío críticos. El tiempo empleado en esta actividad sólo tarda 3 a 4 horas hasta que dichos silos alcancen un nivel de llenado adecuado para evitar que la central detenga su generación de energía eléctrica.

Simultáneamente Bocamina 1 también sufre pérdida en los niveles de sus silos de carbón para la generación de energía eléctrica, en esta etapa el proceso de llenado se extiende demasiado llegando a afectar el funcionamiento de ambas centrales, ya que condiciona el funcionamiento de traspaso de carbón de bocamina 2 debido al tiempo que emplea bocamina 1 en su llenado, alrededor de 7 horas, a su vez origina otros inconvenientes:

- Ante fallas operacionales o mantenimiento los silos de almacenamiento alcancen niveles críticos.
- El plan de aseo no puede realizar por parte de operaciones.
- El plan de mantenimiento eléctrico y mecánico no se puede llevar a cabo puesto que no hay disponibilidad de equipo.
- El consumo de energía es mayor en comparación al sistema de Bocamina 2, producto de la potencia instalada en relación a las horas de servicio

Como mejora debemos dar una solución al problema anteriormente descrito el cual apunta a realizar una mejora en la cinta transportadora de carbón mineral.

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA CINTA TRANSPORTADORA ET-2

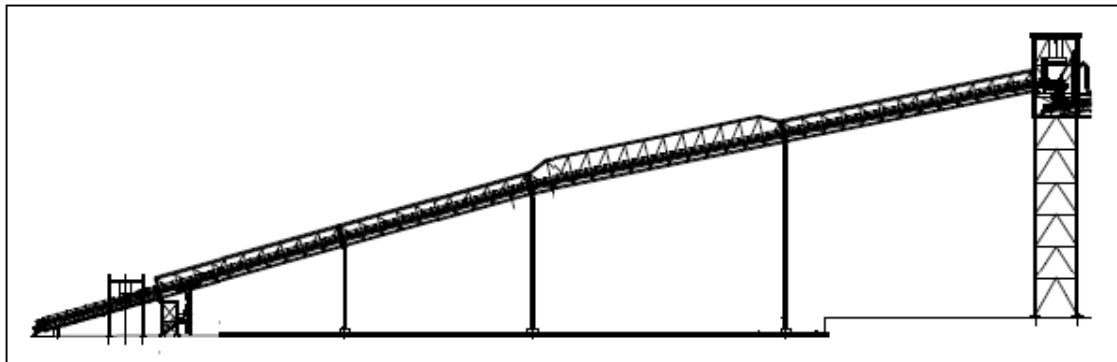


TABLA 12. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL A TRANSPORTAR

Tipo de Material ( Carbón Mineral )	Unidad
Peso específico de material	1 ton/m <sup>3</sup>
Tamaño aproximado del material transportado	5 a 50mm
Temperatura del carbón ( bajo techo )	21 a 27°C
Poder Calorífico	5290 a 5860 Kcal/Kg

Información entregada por <http://ingemecanica.com>

TABLA 13. PESOS ESPECÍFICOS DE MATERIALES COMBUSTIBLES

Tipo de combustible	<u>Peso específico</u> ( <u>kg/m<sup>3</sup></u> )	<u>Angulo de rozamiento interno</u>
Briquetas de lignito	800	30°
Carbón de leña ( en trozos )	400	45°
Coque de Hulla	500	45°
Hulla en bruto ( con humedad )	1000	45°
Hulla pulverizada	700	25°
Hulla en residuos de lavadero	1200	0°
Leña troceada	400	45°
Lignito	700	35°

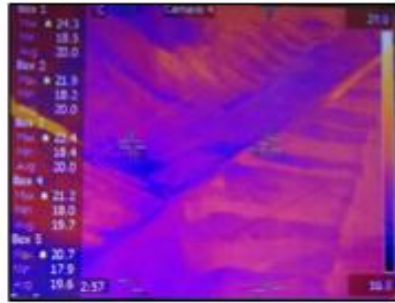
TEMPERATURA AMBIENTAL DEL CARBÓN BITUMINOSO (BAJO TECHO)

Al interior del domo de Enel (Planta de carbón) existen 4 cámaras con dirección IP las cuales actualizan las temperaturas que se encuentran en el carbón, FLIR modelo A310

Figura 36. Visualización termografía del carbón dentro del domo.



Pila de carbón bituminoso



Termografía pila de carbón



Cámara Termografía

A310-PT 1

TABLA 14. CLASIFICACIÓN GENERAL DEL CARBÓN MINERAL, SEGÚN NORMA ASTM D388

Tipo	<u>CF (%)</u>	<u>MV (%)</u>	<u>PC(BUT/LB)</u>	<u>PC(Mi/kg)</u>	<u>PC (Kcal/kg)</u>
Antracita	86-98	2-14			
Bituminoso(Hulla)	69-78	14-31	10500-14000	24,5-32,6	5800-7780
Sub-bituminoso			9500-10500	22,1-24,5	5290-5860
Lignito y turba			6300-8300	14,7-19,3	3500-4600

Información proporcionada por [www.scielo.org](http://www.scielo.org) (colombian coals)

TABLA 15. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA INSTALACIÓN

Características de la cinta transportadora ET-2	Unidad de medida
Distancia entre ejes de tambores	1400 ( mm )
Distancia entre chute y tambor motriz	1130 ( mm )
Altura del tambor motriz	3620 ( mm )
Angulo de inclinación ( estructura cinta )	15°
Velocidad de la correa	1,86m/s
Potencia instalada	37 Kw
Índice de reducción	1:31,4
Angulo de la terne de carga	30°

Elaboración propia; Adaptado de "Bocamina"

TABLA 16. DATOS TÉCNICAS DE LA CORREA TRANSPORTADORA

DESCRIPCIÓN (TIPO)	M PE 400/2 SP 0
Ancho de la cinta Transportadora	800 (mm)
Largo total	3000 ( mm ) aprox.
Espesor	9 ( mm )



Figura 37. Traslado de carbón por cinta transportadora.

TABLA 17. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS TAMBORES MOTRIZ/COLA Y DEFLECTOR

Características de la cinta transportadora ET-2	Unidad
Diámetro tambor motriz	800 (mm)
Diámetro tambor de cola y poleas deflectoras	500 (mm)
Ancho valido para todos los tambores	950 mm
Espesor del revestimiento ( rombo )	12 (mm)
Descanso tipo SKF	SNL 522-619
Diámetro eje del tambor	100 ( mm )

Elaboración propia; Adaptado de “Bocamina”



Figura 38. Tambor Motriz.

TABLA 18. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE RODILLOS DE TRANSPORTE

Características de la cinta transportadora ET-2	Unidad
Diámetro para todos los rodillos	108 ( mm )
Largo rodillos de carga	300 ( mm )
Largo rodillos de impacto	300 ( mm )

Elaboración propia; Adaptado de "Bocamina"



Figura 39. Tipos de rodillos de transporte.

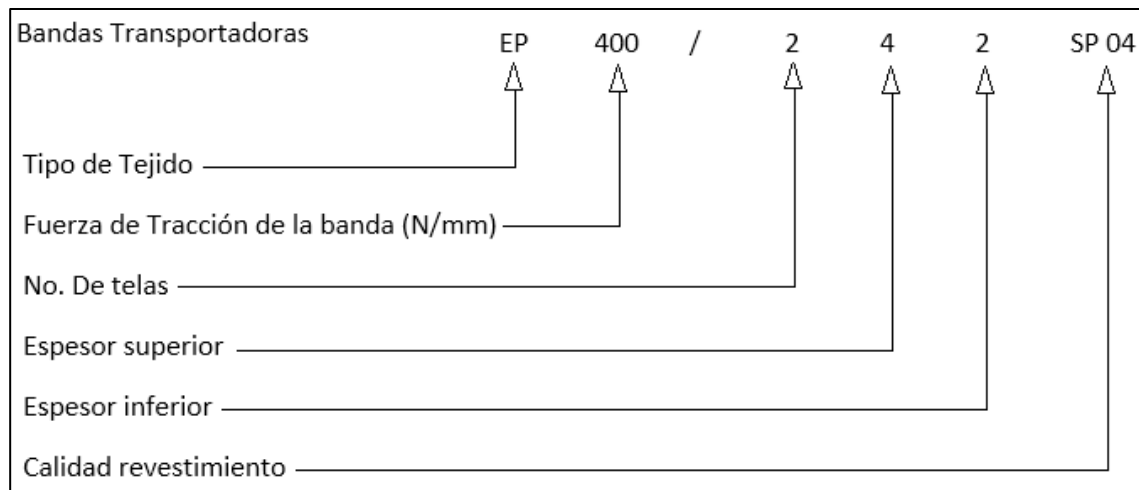


Figura 40. Designación de correa transportadora.

Tabla  
1.8:  
Tabla

TABLA 19. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MOTOR ELÉCTRICO

Características Técnicas	Unidad
Marca	ANSALDO SAN GIORGIO. Genova
Tipo	225 S/4
Numero	408741
Potencia	37 Kw
RPM	1470
Frecuencia	50Hz
Voltaje	380 v
Corriente	71 A
Procedencia	Italia

Elaboración propia; Adaptado de "Bocamina"

TABLA 20. DATOS PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD DE LA CORREA TRANSPORTADORA.

Datos para determinar la Velocidad de la correa Transportadora

N Motriz	1400 rpm
Relación de transmisión i	1;31,4
Velocidad conducida (n) (rpm)	44,58 rpm
Velocidad de correa (v)	1,86 m/s
Velocidad Angular (W)	4,669 rad/sg
Torque en tambor motriz (N*m)	7882,77 Nm

## POSIBLES SOLUCIONES DEL PROBLEMA

### 6.6 PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

En la búsqueda de mejorar este sistema y evaluar la opción más viable, se indagó como variar el volumen de carga por ello se consideraron las siguientes opciones:

- Una cinta transportadora más ancha (Para esto se debería cambiar la estructura (rodillos, tambores, potencia, etc.)
- Cambiar el diámetros del tambor motriz (se podría tener mayor velocidad, pero se requiere mayor potencia motriz)
- Cambiar el reductor de velocidad y respectivo motor eléctrico.

Se evaluó la última opción donde; Se desea mejorar la velocidad de la correa para lo cual se debe considerar velocidad de trabajo para el traslado de material según la tabla de velocidades establecidas para cintas de acuerdo a su tamaño.

Cambiar el reductor de velocidad para aumentar el volumen de carga a través del tiempo (ton/hr), reduciendo los tiempos de puesta en servicio de la cinta transportadora ET-2, la cual transporta carbón mineral utilizado para la generación de energía en la unidad térmica de Bocamina I.

La mejora se basa en mantener el torque actual en el tambor motriz, puesto que el volumen de la carga en la cinta no varía, sino que aumenta sólo la velocidad de entrega de material.

Nota: considerar que hay un margen de 1,5 horas en tiempos muertos y de forma paralela la caldera continúa trabajando y consumiendo carbón para la generación de energía eléctrica.

Para ello se evaluó la cinta ET-2 para determinar si el diseño de esta cinta está en condiciones de variar su velocidad de traslado de material.

### 1. Peso específico

El peso específico de un material se define como su peso por unidad de volumen y se expresa en  $\text{kg/m}^3$  ( Kilogramo por metro cubico ) en el sistema internación, en muchos materiales, el peso unitario está sujeto a variaciones debido al tamaño del material, a su grado de humedad y en el caso de los minerales a su formación natural.

Peso específico del carbón mineral: 1 ton/m<sup>3</sup>.

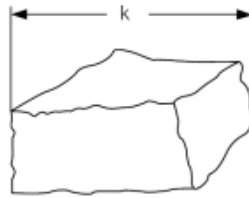


Figura 41. Tamaño del material a transportar.

### 2. Tamaño

El tamaño del trozo de material se define por la mayor dimensión considerando el tamaño mínimo de 2.5 mm, de acuerdo a esta clasificación se puede seleccionar un ancho de correa mínimo que cumpla con esta condiciones, así también el tamaño del material influirá en el valor del tamaño de los rodillos de la zona de carga.

TABLA 21. SELECCIÓN DEL ANCHO DE CORREA SEGÚN TAMAÑO DEL MATERIAL.

Ancho mínimo de correa	Tamaños	
	Uniforme	Mixto
400	50	100
500	75	150
650	125	200
800	170	300
1000	250	400
1200	350	500
1400	400	600
1600	450	650
1800	500	700
2000	550	750
2200	600	800

### 3. Angulo de reposo y sobrecarga

La fluidez del material depende directamente del ángulo de reposo ( $\alpha$ ): este Angulo es formado por la horizontal y la generatriz del cono que se forma al verter el material desde cierta altura. Este se considera un ángulo estático. Con lo cual la fluidez será mayor para materiales que tengan angulas de sobrecarga pequeños. El ángulo de reposo del material es de  $30^\circ$

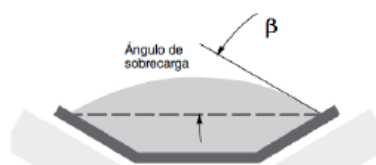


Figura 42. Angulo de reposo de la carga.

#### **4. Abrasividad**

La selección del tipo de cinta transportadora, espesor y número de capas de la cubierta de la misma vienen dados por la norma DIN 22102.

Esta norma diferencia entre los materiales: No abrasivos o muy poco abrasivos (como el carbón vegetal, y las virutas de madera), abrasivos o poco abrasivos (como el Hielo triturado, carbón, cemento) y muy abrasivos (Piedra, arena, grava, coque, cobre mineral)

#### **5. Temperatura**

La temperatura del material a transportar determina el tipo y calidad de los recubrimientos de la correa transportadora. Así como de la vida de los rodillos.

#### **6. Corrosividad**

La corrosividad del material (al igual que la abrasividad y la temperatura) determina la calidad y el tipo de recubrimiento, ya que hace referencia al deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico debido al entorno que le rodea.

## **7. Definición del ancho de correa y velocidad**

A la hora de proyectar una correa transportadora, los parámetros más importantes son la correcta elección del ancho de correa y la velocidad, cuya selección dependerá de los datos básicos correspondientes a:

- Material
- Geometría de la cinta
- Capacidad a transportar

La elección correcta de la velocidad y el ancho de la correa evitaran el derramamiento del material, con lo cual su elección es minuciosa y de vital importancia.

## **8. Características geométricas de la correa**

Para realizar el diseño de una correa transportadora es necesario definir la trayectoria y la forma de la cinta transportadora desde el lugar de alimentación del material hasta el punto de descarga.

La distancia entre el tambor motriz y el chute descarga es de 114 metros.

## **9. Longitud de la correa (L)**

Se define la longitud de una correa como la distancia en metros, medida a lo largo de la cinta entre centros de los tambores terminales, de acuerdo con la trayectoria de la correa.

La distancia entre ejes de los tambores es de 140 metros.

## 10. Altura (H)

La altura es la diferencia de elevación en metros, entre el punto de carga del material sobre la correa y el punto de descarga, esta longitud será necesaria para llevar a cabo el cálculo de tensión necesaria para baja o elevar la carga.

La altura del tambor motriz corresponde a 36,2 metros.

## 11. Angulo de inclinación de la correa ( $\phi$ )

El ángulo de inclinación de la correa, viene definido como alternativa a la altura cuando la correa es de un único tramo. En caso de tener más de un tramo vendrá definido el ángulo de inclinación para cada uno de los tramos.

El ángulo de inclinación de la correa es de 15°

El ángulo se calculara de acuerdo con la ecuación siguiente:

$$\phi = \text{sen}^{-1}\left(\frac{H}{L}\right)$$

Donde:

H: Altura entre ejes de tambores [m]

L: Longitud total de la cinta [m]

## 12. Capacidad a transportar

Capacidad requerida y capacidad máxima

La capacidad requerida es expresada en toneladas por hora (t/h) y es el valor máximo de capacidad requerida por el proceso, de acuerdo con las condiciones del usuario. Esta capacidad se empleara en los cálculos de las tensiones en la correa y la potencia requerida para accionar la cinta transportadora.

Por otra parte, también se debe definir la capacidad máxima de transporte, esta capacidad dependerá del ancho de correa que se seleccione, de la velocidad de la correa, del ángulo de inclinación de los rodillos transportadores y de la densidad del material transportado. La capacidad máxima calculada deberá ser mayor que la capacidad requerida para que la correa opere sin problemas.

Se parte de la ecuación donde el único parámetro anteriormente explicado es el peso específico del material ( $\gamma$ ), este no depende de otros parámetros, únicamente es una característica particular de cada material, los demás parámetros son analizados de forma independiente.

$$Q = 3600 * v * A * \gamma * k$$

Donde:

Q: Capacidad de transporte de la correa.	[T/h]
v: Velocidad de la correa.	[m/s]
A: Sección transversal del material sobre la correa.	[m <sup>3</sup> ]
$\gamma$ : peso específico del material.	[T/m <sup>3</sup> ]
K: Coeficiente de reducción de la capacidad por inclinación	[-]

### 13. Velocidad (v)

A la hora de determinar la velocidad, en general interesa que sea la máxima admisible (que permita la capacidad) pues de esta forma los anchos de correa serán más pequeños y por ello más económicos, pero a la hora de su elección, se debe tener en cuenta la influencia del material y las características de las que depende. Algunas de ellas son:

- La fluidez: En la mayoría de los casos los materiales que son fluidos son pulverulentos, con lo cual, no se recomienda utilizar velocidades elevadas para este tipo de materiales, pues producirá polvo en los puntos de carga y descarga.
- La abrasividad: los materiales abrasivos suelen tener sus aristas afiladas, por ello es aconsejable no utilizar una velocidad elevadas con estos materiales, pues pueden provocar cortes en la correa durante las transferencias.
- El tamaño: el tamaño también limita la velocidad, pues cuando mayor sea el tamaño de los trozos, más pesados serán y con ello su impacto debilitara el tejido de la correa.

Siendo muy difícil de valorar todas estas características, se consideraran únicamente las relaciones empíricas que han determinado por procesos experimentales. Los diferentes fabricantes, dichas características se detallan en la siguiente tabla.

**TABLA 22 RELACIÓN EMPÍRICA ANCHO DE CORREA – VELOCIDAD / TAMAÑO DE MATERIAL**

Ancho mínimo de correa (mm)	Tamaño máximos (mm)				Velocidad máxima (m/s)	
	Uniforme	Mixto	A	B	C	D
400	50	100	2,62	2,09	2,09	1,31
500	75	150	2,65	2,62	2,09	1,68
650	125	200	3,35	2,62	2,62	1,68
800	170	300	4,19	3,35	2,62	2,09
1000	250	400	4,19	3,35	3,35	2,09
1200	350	500	4,19	3,35	3,35	2,62
1400	400	600	4,19	3,35	3,35	3,35
1600	450	650	4,19	4,19	3,35	3,35
1800	500	700	4,19	4,19	3,35	3,35
2000	550	750	5,24	4,19	3,35	3,35

A: Materiales ligeros deslizables, no abrasivos con peso específico de 0,5 - 1 T/m<sup>3</sup>

B: Materiales no abrasivos o muy poco abrasivo con tamaño medio, peso específico de 1 - 1,5 T/m<sup>3</sup>

C: Materiales medianamente abrasivos y pesados, con peso específico de 1,5 a 2 T/m<sup>3</sup>

D: Materiales muy abrasivos pesados y cortantes, peso específico mayor a 2 T/m<sup>3</sup>

Por otro lado la velocidad debe elegirse de acuerdo con la normalizada por la DIN 22101, cuyos valores se detallan en la siguiente tabla.

**TABLA 2.3 VALORES NORMALIZADO DE VELOCIDAD, SEGÚN NORMA DIN 22101**

0,66	0,84	1,05	1,31
1,68	2,09	2,62	3,35
4,19	5,24		



## 16. Potencias parcial de la correa

Los esfuerzos a los que está sometida la correa transportadora en funcionamiento, varían a lo largo de su recorrido, para dimensionar y calcular la potencia necesaria, es obligatorio determinar la tensión que actúan en la sección de mayor esfuerzo, en particular para correa transportadora que presentan características como inclinaciones superiores a 5°, recorridos descendentes o longitudes excesivamente elevadas.

Para llevar a cabo la determinación de la potencia se deben considerar por separado tres tipos diferentes:

### 6.7 Potencia para mover la cinta en vacío y cargada con desplazamiento horizontal

La primera representa la potencia necesaria para mover la cinta en vacío, y la potencia necesaria para mover la cinta cargada con desplazamiento horizontal. Esto corresponde con el esfuerzo necesario para vencer el rozamiento producido por los rodillos, por los tambores y por el peso de la correa cuando va cargada.

$$P1 = \frac{Cb * v + Qm}{Cl * kf}$$

Donde:

Cb: Factor de ancho de correa [kg/m]

V: velocidad de la correa [m/s]

Qm: Capacidad de transporte de la correa [T/H]

Cl: Factor de longitud de la correa [m<sup>-1</sup>]

Kf: Factor de servicio [-]

### Potencia para mover la carga a cierta altura

La siguiente potencia es la necesaria para elevar el material hasta una cierta altura o en caso de cinta descendente. La potencia generada necesaria para frenar el descenso del material.

$$P2 = \frac{H * Qm}{367}$$

Donde:

H: Altura de la correa transportadora

Qm: capacidad de transporte de la correa.

### **Potencia necesaria para vencer rozamientos de Trippers, dispositivos de limpieza y guías**

La última de las potencias es necesaria para vencer las resistencias generadas por elementos secundarios, como son descargadores (Trippers), dispositivos de limpieza y guías de carga o faldones.

$$P3 = \Sigma ( Pa + Pb + Pc )$$

Donde

Pa: Potencia debida los Trippers.

Pb: potencia debida a los dispositivos de limpieza

Pc: potencia debida a dispositivos guías de carga y faldones.

TABLA 23. POTENCIAS ADICIONALES

TABLA DE POTENCIAS ADICIONALES

	Ancho de correa (m)	Potencia (Kw)
Trippers, Pa	< 500	$0,8 * v$
	<1000	$1,5 * v$
	> 1000	$2,3 * v$
Dispositivos de limpieza Pb	Tipo de contacto / presión	
	Contactos simples	$0,3 * B * V$
	Contactos de presión elevada	$1,5 * B * V$
Guías de carga Pc	Longitud Lf	
	Desde punto de carga	$0,16 * V * Lf$

Donde

B: Ancho de correa [m]

V: Velocidad. [m/s]

Lf: Longitud de la guías o faldones [m]

### **Potencia total (Parcial)**

La suma de todas las potencias anteriormente descritas constituye la potencia total necesaria para que la correa tenga un funcionamiento correcto. El valor calcula de potencia no es definitivo pero si valido para tener una orientación del mismo. Después se debe ajustar su valor dependiendo del tipo de correa seleccionada y los tipos de rodillos utilizados (peso de estos y longitudes), pues será necesario conocer el valor de la resistencia a tracción de la correa y la fuerza tangencial de la misma para poder afinar con mayor precisión dicho valor

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3$$

### **Relación de velocidad**

Según la tabla empírica de ancho correa – velocidad / tamaño del material y lo evaluado en terreno corresponde a una correa transportadora de 800 (mm) en la cual se podría aumentar su velocidad a 2,62 metros por segundo (según la norma esta permite varias las velocidades en relación al material a ser transportado encontrándose dentro de los rangos adecuados)

Al aumentar la velocidad de 1,86 m/s a 2,62 m/s sin realizar el cambio de una cinta, aumentamos en un 69% el rendimiento de la correa transportadora considerando 360 Tn/hr lo cual disminuiría drásticamente los tiempos de carguío en un 68 %.

$$\frac{250 \text{ tn/hr}}{1,86 \text{ m/s}} = \frac{X}{2,7 \text{ m/s}}$$

$$X = 362 \text{ Ton/hr}$$

Esta modificación reduciría los tiempos de carguío de silos de la unidad I aumentando el volumen de material transportado en una determinada unidad de tiempo.

Se realizaron los siguientes cálculos para determinar el tipo de reductor más adecuado para dicha modificación manteniendo el torque actual en el eje del tambor motriz ya que el volumen de material en la superficie de carga no variara.

Para determinar la relación de transmisión con la nueva velocidad sugerida de 2,7 m/s en la correa transportadora, usaremos las siguientes formulas.

Velocidad angular

$$w = n \frac{2\pi}{60} \quad (\text{Velocidad angular})$$

$$w = 64,45 \text{ rpm} \frac{2\pi}{60}$$

$$w = 6,74 \text{ rad/sg}$$

6.8 Para determinar la potencia del reductor se consideró el torque actual con el que cuenta la instalación.

## 6.9 Datos para obtener la potencia del reductor

TABLA 24. DATOS PARA OBTENER LA POTENCIA DEL REDUCTOR

DATOS PARA OBTENER LA POTENCIA DEL REDUCTOR

Velocidad de traslado del material	2,27 m/s
Velocidad angular	6,75
Velocidad en tambor motriz	64,458 rpm
Torque en tambor motriz	7882,77 Nm

$$T = \frac{HP \times 716}{RPM} = \text{kg} - \text{m} \quad (\text{Torque})$$

### **Reductor necesario**

Para una velocidad de 2,7 m/s en la correa transportadora

$$P = T \times w \quad (\text{Potencia})$$

$$P = 7882,77 \times 6,75$$

$$P = 53.208 \text{ W} \quad (71.3 \text{ HP})$$

$$P = \frac{53.208}{1000 \text{ W}} = 53.28 \text{ Kw}$$

$$i = \frac{N_1}{N_2} = \frac{1400}{64,45} = 21,7 \quad (i) \quad (\text{Distancia entre dientes engranajes})$$

TABLA 23. DATOS CARACTERÍSTICOS DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD.

DATOS CARACTERÍSTICOS DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD	
I	21,7
P	53.2 kw( 71.3 hp )
N Entrada	1400 rpm
N Salida	64,45 rpm
Tipo	Helocoidal

Elaboración propia; Adaptado de "Bocamina"

*Fórmula para determinar las revoluciones por minuto necesarias en el tambor motriz para obtener exactamente 2,7 metros por segundo.*

$$n = X$$

$$V = 2,7 \text{ m/s}$$

$$R = 0,4 \text{ (m)}$$

$$\text{Torque} = 7882,77 \text{ N m}$$

$$v = w \cdot r \text{ (Velocidad)}$$

$$w = \frac{V}{r}$$

$$w = \frac{2,67 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{0,4 \text{ (m)}} = 6,67 \left(\frac{\text{rad}}{\text{sg}}\right) \text{ (Velocidad angular)}$$

$$n = \frac{6,67}{2\pi/60} = 63.6$$

$$v = w \cdot r \text{ (Velocidad)}$$

$$v = 6,69 \text{ rd/sg} \cdot 0,4 \text{ (m)}$$

$$v = 2,67 \text{ m/s}$$

## 7.0 CONCLUSIÓN

Según los datos entregados por el análisis de los equipos y las formulas usadas se obtiene lo siguiente:

Ya que el reductor tiene una potencia de 53,2 kW, se necesita una potencia de similar en el motor eléctrico.

La mejora se sustenta basada en el torque actual en el tambor motriz, ya que en ocasiones se ha exigido el sistema con un flujo de 350 ton/h y el conjunto motriz se desempeñado bien pero sin embargo el desborde material en el encausador y el colapso del chute de traspaso hace imposible el funcionamiento adecuado de la cinta transportadora. Es por ello que se cambiará el conjunto motriz actual garantizando una relación de transmisión distinta a la existente para obtener la velocidad deseada en nuestra mejora en cinta transportadora de carbón mineral, optimizando así la eficiencia del sistema de traslado de carbón para la central térmica Bocamina 1.

Además indicar que en base a los datos obtenidos en base a cálculos se cambiará el conjunto motriz, esto incluye:

- Motor eléctrico 53,2 kW
- Junta hidrodinámica
- Reductor de velocidades de 53,2 kW
- Acoplamiento mecánico rígido

TABLA 25. COMPARATIVA DE EQUIPOS Y OTROS DATOS

TABLA COMPARATIVA DE EQUIPOS Y OTROS DATOS

	ANTES	DESPUÉS
ANCHO DE CORREA	800 MM	800 MM
VELOCIDAD DE CORREA	1,86 M/S	2,7 M/S
TONELADAS CARGADAS POR HORA	250 T/H	362 T/H
TIEMPO ESTIMADO DE CORREA	5 Hrs	3,4 Hrs
RENDIMIENTO DE LA CORREA	45%	69 %
CONSUMO ELÉCTRICO	37 KW	53,2 KW

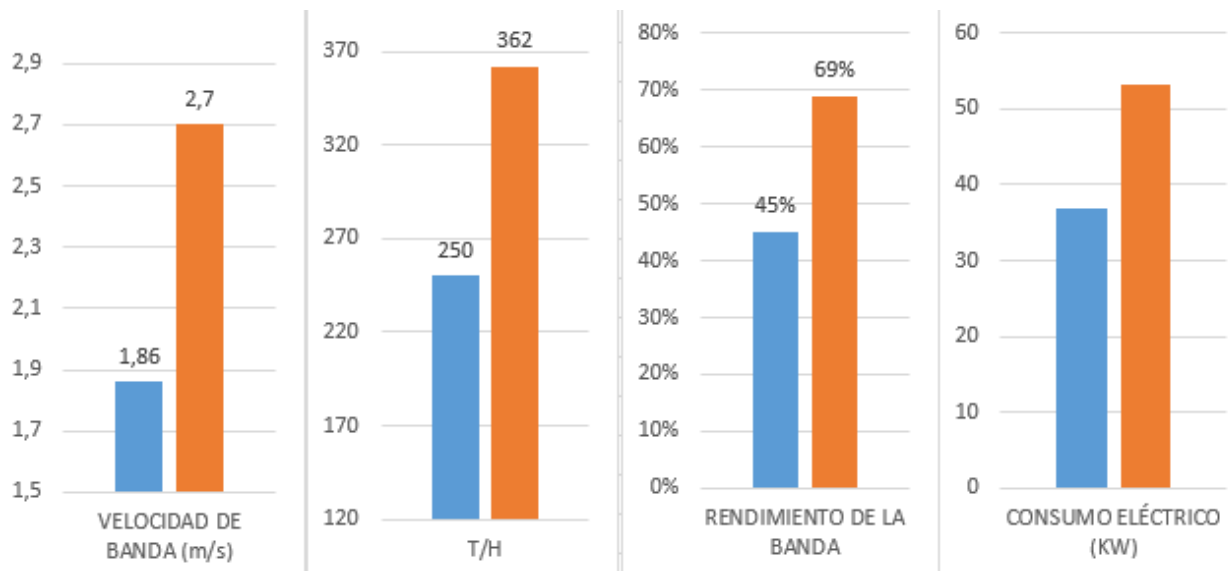


Figura 43. Gráficos de comparación de equipos instalado v/s mejora

## 7.1 COTIZACIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO SOLICITADO



Cotización Motor y acoplamiento

09/01/2018

Señores: Ultraport

<b>MOTOR ELECTRICO MARCA EBERLE BRAZIL</b>  - Potencia: 55kw/75hp 1400 rpm - Carcasa 225 - Carcasa Fierro fundido - IP55 - 380V	<b>VALOR MOTOR</b> :\$1.650.000+IVA C/U <b>ENTREGA</b> : 24 HRS
<b>ACOPLAMIENTO HIDRAULICO MARCA ARAHIDRA ESPAÑA</b>  - Modelo TA 26,25	<b>VALOR ACOUPLE</b> :EUR 7.488+IVA C/U <b>ENTREGA</b> : 8 SEMANAS

## 7.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MOTOR ELÉCTRICO SOLICITADO

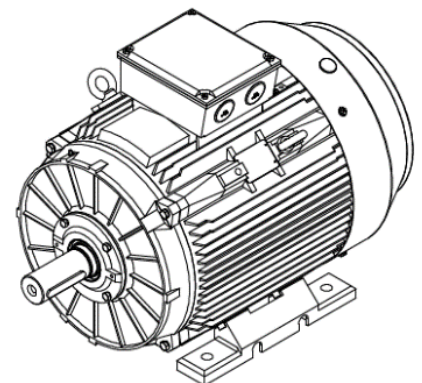
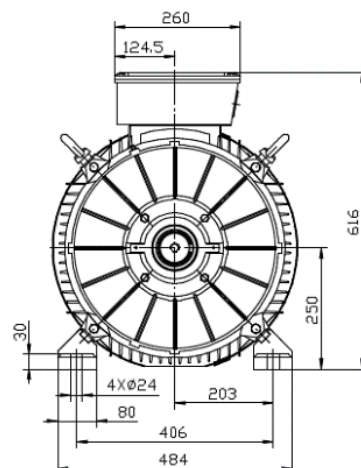
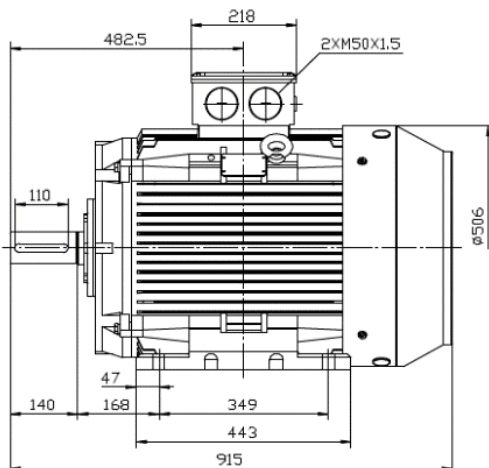
### Technical Data Sheet

General data	
Frame size	250
Housing material	Casting iron
Install model	According to the standard
Type of feet	Removable feet (Standard) <i>Fixed feet</i> (Optional)
Net weight	397 kg
Insulation class	F (Standard) H (Optional)
Protection degree	IP 55 (Standard) IP 56 (Optional)
Thermal protection	Without (Standard) <i>Customizable</i> (Optional)
Rotation direction	Clockwise (Standard) <i>Counter clockwise</i> (Optional)
Service duty	S1
Vibration level	A
Balance	Half-key balanced
Cable glands	2 - M50x 1.5
Cooling	IC 411
Painting color	RAL 7024 (Standard) <i>Customizable</i> (Optional)
Regulations	IEC / DIN / ISO / VDE / EN
Standard	IEC 60034

Environmental conditions	
Ambient temperature	From -20°C to +40°C
Maximum altitude	1000 m above sea level

Electrical data		
Output	55	kW
Frequency	50	Hz
Voltage (±5%)	400	V Δ @ 50Hz
	690	V Y @ 50Hz
	480	V Δ @ 60Hz
	828	V Y @ 60Hz
Rotation speed	1480	RPM @ 50Hz
	1776	RPM @ 60Hz
Rated current	96.85	A (In) @ Δ 50Hz
	55.91	A (In) @ Y 50Hz
Starting current	8	xIn
Rated torque	354.90	Nm (Mn)
Starting torque	2.2	xMn
Breakdown torque	2.6	xMn
Efficiency	IE1	
	92.1	@ 100% load
	92.4	@ 75% load
	90.7	@ 50% load
Power factor cosφ	0.89	@ 100% load

Mechanical data		
Bearings brand	C&U (Standard) <i>Customizable</i> (Optional)	
Bearings type	6314 C3	(DE)
	6314 C3	(NDE)
Lifetime of bearings	- hours	
Allowed radial load	5847 N	
Allowed axial load	45300 N	
Grease type	polyurea-based grease	
Lubrication interval of NDE bearing	11500 h	
Lubrication interval of DE bearing	11500 h	
Moment of inertia	0.690980	Kg*m <sup>2</sup>
Noise level	83	dB(A)



### 7.3 COTIZACIÓN REDUCTOR DE VELOCIDAD

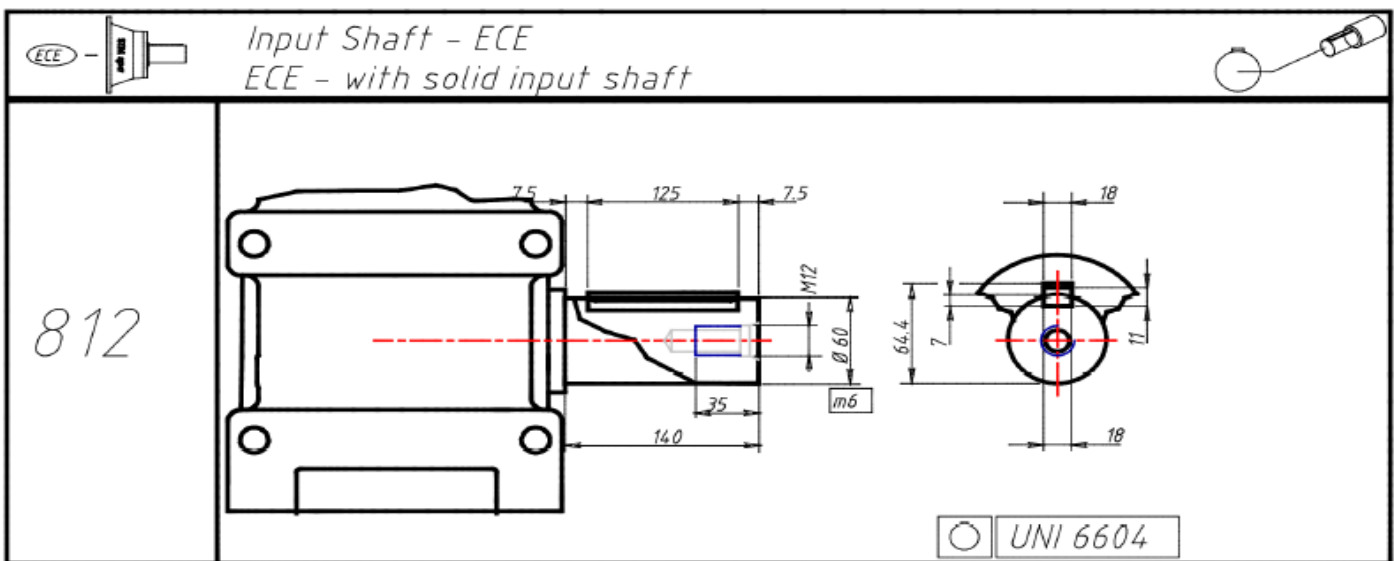
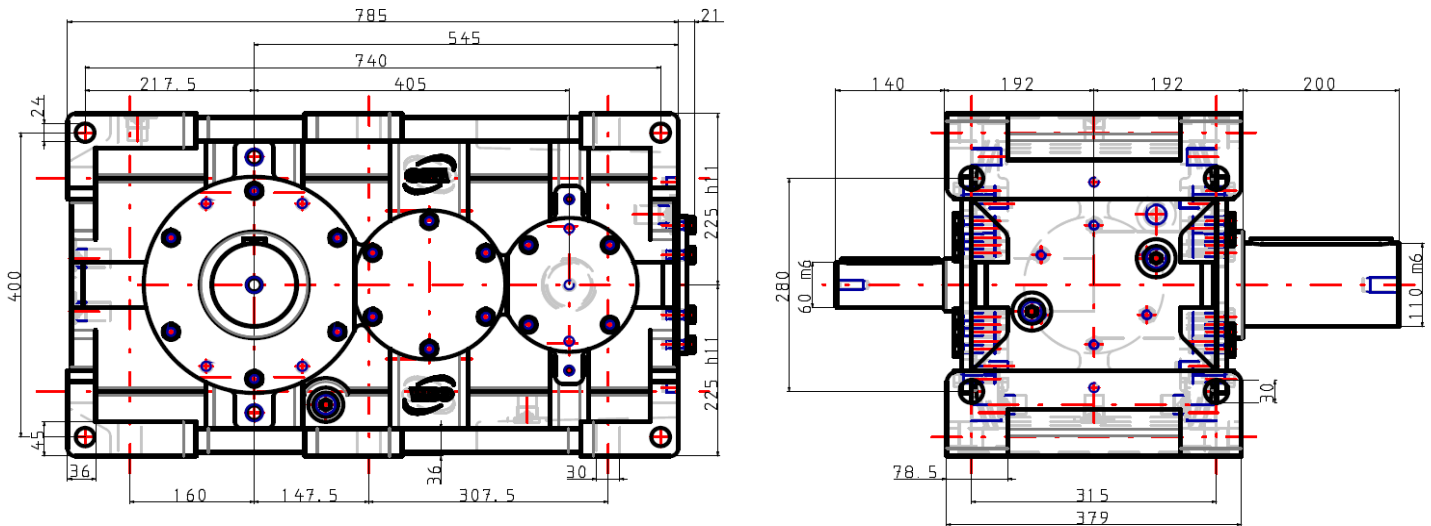
REDUCTOR EJES PARALELOS MARCA GSM

MODELO : RXP 812 N  
 RELACION : 20,6/1  
 POTENCIA ADMISIBLE : 150 Kw  
 POTENCIA TERMICA : 104 Kw  
 DIAMETRO EJE ENTRADA : 60 mm  
 DIAMETRO EJE SALIDA : 110 mm  
 FACTOR DE SERVICIO : 2.6  
 PESO : 466 Kg  
 CARCAZA : FIERRO FUNDIDO  
 MONTAJE : M1

Valor estimado en \$USD:  
 7.033,09 USD

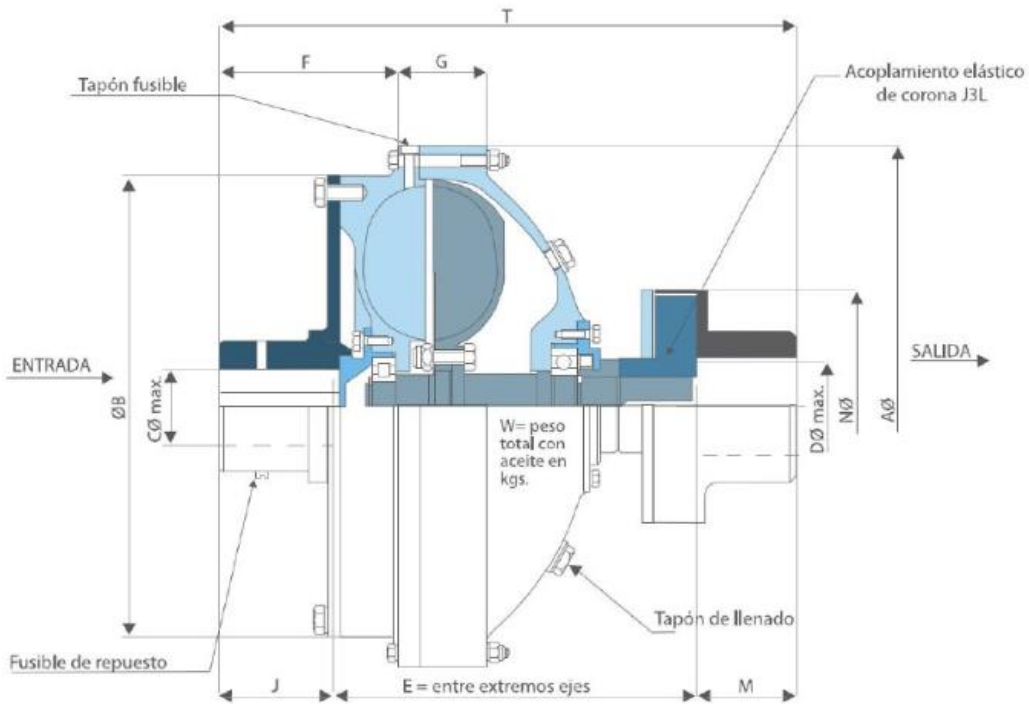
**VALOR 5.868 EUROS**  
**ENTREGA 12 SEMANAS**

### 7.4 DIMENSIONES DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD



## 7.5 DIMENSIONES GENERALES DEL ACOPLAMIENTO HIDRÁULICO

### DIMENSIONES GENERALES DEL MODELO TA-16.25



$GD^2$  – MOMENTO DE INERCIA –  $Kgm^2$   
de la partes primarias conectadas  
rígidamente al motor.

Agujeros y chavetas a la entrada y salida de  
acuerdo con el cliente (diámetros máx. C y D).

Nota: La entrada y salida de fuerza pueden  
invertirse.

Nota: si el montaje no es horizontal, debe  
hacerse constar al hacer el pedido la posición  
del mismo.

TAMAÑO	Cantidad máxima de aceite en litros Q	Pesos W	Parte Primaria $GD^2$	DIMENSIONES EN MILÍMETROS										
				A	B	C	D	E	F	G	J	M	N	T
TA-16,25	13,9	68	4,2	455	410	80	80	315	100	128	98	80	210	493