

# Universidad Nacional de Ingeniería

## Facultad de Ingeniería Mecánica



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

### **Diseño de una planta de chancado para reducir el costo de capital (CAPEX) de un proyecto minero en la etapa de factibilidad**

Para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico.

Elaborado por

Jefferson Jesus Flores Hinojosa

 [0009-0003-8174-9311](https://orcid.org/0009-0003-8174-9311)

Asesor

M.Sc. Fausto Israel Godofredo Valdivia

 [0000-0003-1494-9690](https://orcid.org/0000-0003-1494-9690)

LIMA – PERÚ

2023

***Dedicatoria***

*A toda mi familia, por su cariño y apoyo incondicional. Gracias por su amor y por su sacrificio, este logro es para ustedes.*

## **Agradecimientos**

A mi asesor de tesis, el ingeniero Fausto Israel Godofredo Valdivia, por su constante apoyo y seguimiento a lo largo de este largo proceso, así como su guía y sus recomendaciones para lograr una satisfactoria culminación.

A mis compañeros y amigos en DRA Americas. Al ingeniero Carlos Díaz por sus consejos, apoyo y paciencia al compartir su experiencia y puntos de vista acerca de diversos temas sobre los proyectos mineros como también por su constante interés en que continúe mi desarrollo profesional. A Abraham Celadita, Walter Carpio, Alex Calvo y Marco Tejada por su apoyo durante mi desarrollo profesional y ante muchas consultas surgidas en el desarrollo de las labores.

A mis amigos, aquellos que son de toda la vida. A Joseph y Estefany muchas gracias por su apoyo a lo largo de todos estos años. A mis amigos de la universidad. A Walter, Alonso, Juan José, Aldair, y a todos, gracias por el apoyo emocional considerando que laboramos en rubros similares.

A toda mi familia por darme tanto cariño y permitirme devolverles una pequeña parte.

## Resumen

Durante la fase de estudio de un proyecto minero, en la etapa de factibilidad el costo de capital se estima con el objetivo de conseguir una mayor precisión entre el presupuesto proyectado y el costo total del proyecto. Esta estimación es influenciada ampliamente por los diseños propuestos en el proyecto, a la misma vez, los diseños son afectados por factores geológicos, de infraestructura, ambientales y de índole similar.

En el trabajo de investigación se analizó factores y consecuencias que genera un inadecuado diseño de una planta de chancado en la estimación del costo de capital, y consideró el análisis de distintos casos para el diseño para una planta de chancado en un proyecto minero. La investigación realizada es de tipo cuantitativa, alcance correlacional y diseño no experimental transeccional.

Se analizó las características topográficas del lugar y se planteó los posibles diseños de la planta de chancado, así como el recorrido de las fajas transportadoras asociadas para cada caso planteado y así definir las condiciones de entrada para cada diseño propuesto. En base a estas condiciones se realizó el diseño de la planta, cálculo de fajas y estimación del costo de capital en cada caso planteado. A partir del análisis del costo de capital para cada caso, se corroboró que un adecuado diseño de una planta de chancado presenta una influencia positiva para la estimación del costo de capital.

**Palabras claves:** Costo de capital, faja transportadora, características topográficas, movimiento de tierras, planta de chancado.

## **Abstract**

During the study phase of a mining project, in the feasibility stage, the capital cost is estimated with the objective of achieving greater precision between the projected budget and the total cost of the project. This estimate is widely influenced by the proposed designs in the project, at the same time, the designs are affected by geological, infrastructure, environmental, and other factors of similar nature.

In the research, factors and consequences were analyzed that generate a poor design of a crushing plant in the estimation of the capital cost, and considered the analysis of different cases for the design for a crushing plant in a mining project. The research carried out is of a quantitative type, correlational scope and non-experimental cross-sectional design.

The topographic characteristics of the place were analyzed and the possible designs of the crushing plant were proposed, as well as the route of the associated belt conveyors for each case proposed to define the input conditions of each proposed design. Based on these conditions, the design of the plant, calculation of belts and estimation of the capital cost were carried out for each case proposed. From the analysis of the capital cost for each case, it was corroborated that a good design of a crushing plant has a positive influence on the estimation of the capital cost.

**Keywords:** Capital cost, conveyor belt, topographic characteristics, earth movement, crushing plant.

## Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen .....	iv
Abstract .....	v
Prólogo .....	xiii
Capítulo I. Introducción .....	1
1.1 Generalidades .....	1
1.2 Descripción del problema de investigación .....	1
1.3 Objetivos del estudio .....	6
1.3.1 Objetivo general .....	6
1.4 Antecedentes investigativos .....	7
1.4.1 Investigaciones internacionales .....	7
1.4.2 Investigaciones nacionales .....	9
Capítulo II. Marco teórico y conceptual .....	12
2.1 Marco teórico .....	12
2.1.1 Ciclo de vida de una mina .....	12
2.1.2 Ciclo de vida de un proyecto minero .....	12
2.1.3 Etapas o subfases de un proyecto minero .....	13
2.1.4 Estudio de perfil .....	14
2.1.5 Estudio de prefactibilidad .....	15
2.1.6 Estudio de factibilidad .....	17
2.1.7 Desarrollo del concepto en el estudio de factibilidad .....	18
2.1.8 Estimación del costo para un estudio final de factibilidad .....	22
2.1.9 Reducción de tamaño de mineral y chancadoras .....	22
2.1.10 Alimentadores de placa (Apron Feeders) .....	26
2.1.11 Fajas transportadoras (Belt Conveyors) .....	27
2.2 Marco conceptual .....	35

Capítulo III. Hipótesis y operacionalización de variables .....	36
3.1 Hipótesis.....	36
3.2 Operacionalización de variables .....	36
Capítulo IV. Metodología de la investigación.....	37
4.1 Tipo y diseño de la investigación .....	37
4.1.1 Tipo de investigación.....	37
4.1.2 Diseño de la investigación.....	38
4.1.3 Unidad de análisis.....	38
4.1.4 Matriz de consistencia.....	39
Capítulo V. Desarrollo del trabajo de investigación .....	40
5.1 Recolección de datos .....	40
5.1.1 Diagrama de flujo de procesos general .....	41
5.1.2 Diagrama de flujo de procesos del chancado.....	43
5.1.3 Condiciones del sitio .....	45
5.1.4 Características del material .....	45
5.1.5 Ubicaciones de la planta de chancado para el análisis de la investigación.....	46
5.1.5.1 Ubicación A.....	46
5.1.5.2 Ubicación B.....	49
5.2 Diseño de la planta de chancado para las ubicaciones A y B.....	53
5.2.1 Consideraciones de diseño para la planta de chancado.....	53
5.2.2 Selección de equipos para la planta de chancado.....	54
5.3 Diseño de las fajas transportadoras para las ubicaciones A y B.....	59
5.3.1 Consideraciones generales de diseño para el cálculo de las fajas ....	59
5.3.2 Cálculo de las fajas transportadoras para la ubicación A y B .....	61
5.3.3 Equipamiento auxiliar para las fajas trasportadoras .....	67

5.3.4	Diseño final de las fajas transportadoras .....	67
5.4	Listado de equipos final para las ubicaciones A y B.....	69
5.4.1	Listado de equipos para la ubicación A .....	69
5.4.2	Listado de equipos para la ubicación B .....	70
5.5	Estimación del costo de capital (CAPEX) para las ubicaciones A y B.....	71
5.5.1	Consideraciones para la estimación del costo de capital.....	71
5.5.2	Estimación del costo de capital para la ubicación A .....	72
5.5.3	Estimación del costo de capital para la ubicación B .....	73
Capítulo VI. Análisis y discusión de resultados .....		74
6.1	Análisis de resultados.....	74
6.1.1	Diseño de la planta de chancado .....	74
6.1.2	Diseño de las fajas transportadoras .....	74
6.1.3	Análisis de los costos estimados para los trabajos civiles .....	76
6.1.4	Análisis de los costos de capital total obtenidos .....	76
6.2	Contrastación de hipótesis.....	77
Conclusiones .....		78
Recomendaciones.....		79
Referencias bibliográficas .....		80
Anexos.....		83

## Lista de Figuras

	Pág.
<b>Figura 1</b> <i>Distribución de proyectos según el rango de sobrecosto de capital</i> .....	2
<b>Figura 2</b> <i>Distribución típica del costo total de capital en minas de tajo abierto</i> .....	3
<b>Figura 3</b> <i>Estimación típica del costo de capital en un proyecto</i> .....	4
<b>Figura 4</b> <i>Estimación típica general del costo de capital en un proyecto</i> .....	5
<b>Figura 5</b> <i>Ciclo de vida de una mina</i> .....	12
<b>Figura 6</b> <i>Ciclo de vida de un proyecto minero capital</i> .....	13
<b>Figura 7</b> <i>Etapas de la fase de estudio de un proyecto minero</i> .....	14
<b>Figura 8</b> <i>Etapas de la fase de estudio de un proyecto minero</i> .....	14
<b>Figura 9</b> <i>Diagrama de flujo del estudio de prefactibilidad en</i> .....	16
<b>Figura 10</b> <i>Diagrama de flujo del estudio de factibilidad en en</i> .....	18
<b>Figura 11</b> <i>Requerimientos de ingeniería de acuerdo con el tipo de estimación</i> ..	22
<b>Figura 12</b> <i>Ilustración esquemática de una chancadora de mandíbula</i> .....	25
<b>Figura 13</b> <i>Características de una chancadora de mandíbula minas minas</i> .....	26
<b>Figura 14</b> <i>Alimentador de placas</i> .....	26
<b>Figura 15</b> <i>Configuración típica de una faja transportadora minas</i> .....	28
<b>Figura 16</b> <i>Ancho de faja necesario para un determinado tamaño de material</i> ....	32
<b>Figura 17</b> <i>Diagrama de flujo general</i> .....	42

<b>Figura 18</b> <i>Diagrama de flujo general</i> .....	44
<b>Figura 19</b> <i>Ubicación A de la planta de chancado</i> .....	47
<b>Figura 20</b> <i>Ubicación B de la planta de chancado</i> .....	50
<b>Figura 21</b> <i>Grizzly y tolva de alimentación</i> .....	55
<b>Figura 22</b> <i>Alcance horizontal del rompe rocas</i> .....	55
<b>Figura 23</b> <i>Alcance vertical del rompe rocas</i> .....	56
<b>Figura 24</b> <i>Simulación de equipos para el chancado realizada por el Vendor</i> .....	57
<b>Figura 25</b> <i>Diseño final de la planta de chancado</i> .....	58
<b>Figura 26</b> <i>Cálculo de la faja de sacrificio A</i> .....	62
<b>Figura 27</b> <i>Cálculo de la faja de alimentación al stockpile A</i> .....	63
<b>Figura 28</b> <i>Cálculo de la faja de sacrificio B</i> .....	64
<b>Figura 29</b> <i>Cálculo de la faja de alimentación al stockpile B</i> .....	65
<b>Figura 30</b> <i>Diseño de las fajas transportadoras para la ubicación A</i> .....	67
<b>Figura 31</b> <i>Diseño de las fajas transportadoras para la ubicación B</i> .....	68

## Lista de Tablas

	Pág.
<b>Tabla 1</b> <i>Clasificación y definición de materiales</i> .....	30
<b>Tabla 2</b> <i>Anchos estándar de fajas transportadoras</i> .....	31
<b>Tabla 3</b> <i>Rangos de velocidad de faja recomendados</i> .....	33
<b>Tabla 4</b> <i>Diseño de una planta de chancado para reducir el costo de capital (CAPEX) de un proyecto minero en la etapa de factibilidad</i> .....	39
<b>Tabla 5</b> <i>Condiciones de sitio</i> .....	45
<b>Tabla 6</b> <i>Características del material a procesar procedente de mina</i> .....	45
<b>Tabla 7</b> <i>Características del material chancado</i> .....	46
<b>Tabla 8</b> <i>Características de la faja de sacrificio A</i> .....	48
<b>Tabla 9</b> <i>Características de alimentación al stockpile A</i> .....	49
<b>Tabla 10</b> <i>Características de la faja de sacrificio B</i> .....	51
<b>Tabla 11</b> <i>Características de la faja alimentación al stockpile B</i> .....	52
<b>Tabla 12</b> <i>Consideraciones de diseño para la planta de chancado</i> .....	53
<b>Tabla 13</b> <i>Características del material para el cálculo de fajas transportadoras</i> ...	59
<b>Tabla 14</b> <i>Capacidades requeridas para las fajas transportadoras</i> .....	59
<b>Tabla 15</b> <i>Resultados del cálculo de fajas usando el software SIDEWINDER</i> .....	66
<b>Tabla 16</b> <i>Listado de equipos para la ubicación A</i> .....	69
<b>Tabla 17</b> <i>Listado de equipos para la ubicación B</i> .....	70

**Tabla 18** *Costo de capital estimado para la ubicación A* ..... 72

**Tabla 19** *Costo de capital estimado para la ubicación B* ..... 73

## Prólogo

El trabajo de investigación consta de seis capítulos, los cuales se describen a continuación:

En el capítulo I se presenta la parte introductoria del trabajo de investigación en el contexto de los proyectos de factibilidad y la estimación del costo de capital CAPEX. Se describe la problemática del inadecuado diseño de una planta de chancado y sus efectos negativos en la estimación del costo de capital de los proyectos. Además, se presenta el objetivo de la investigación y se desarrollan los antecedentes nacionales e internacionales que sirvieron como referencia para el planteamiento y desarrollo del trabajo de investigación.

En el capítulo II se presenta el marco teórico que comprende la explicación de las fases de un proyecto minero, las etapas de prefactibilidad y factibilidad de un proyecto minero terminando por las características técnicas de los equipos principales involucrados en una planta de chancado. Se desarrolla el marco conceptual que contiene definiciones de términos con distintas interpretaciones para diferentes contextos, y que son utilizados en el trabajo de investigación.

En el capítulo III se formula la hipótesis de la investigación, las variables dependiente e independiente y los indicadores de la variable independiente.

En el capítulo IV se describe las características epistemológicas de la investigación desarrollada, precisando el tipo y diseño de la investigación. Se describe adicionalmente la unidad de análisis donde se desarrolla la investigación, que es el proyecto “El Alacrán” ubicado en Colombia. Asimismo, la matriz de consistencia se presenta como resultado del capítulo.

En el capítulo V se desarrolla el trabajo de investigación, recolectando primero información para plantear las características de las dos ubicaciones a analizar, indicando los instrumentos de recolección utilizados. También, se desarrolla la selección de equipos

y los cálculos de las fajas transportadoras para finalmente obtener el costo de capital para cada ubicación.

En el capítulo VI se analizan los resultados obtenidos en el capítulo V. En este apartado se interpreta los resultados obtenidos sobre la selección de equipos, las características principales de las fajas principalmente las velocidades, anchos, porcentajes de carga, potencia y tipo de arranque; así como los costos de capital obtenidos enfocándose en los costos civiles y totales.

Finalmente, se desarrolla las conclusiones de la investigación y se contrasta la validez de la hipótesis planteada. Además, se listan recomendaciones para generar nuevo conocimiento a través de futuras investigaciones sobre el costo de capital en proyectos de factibilidad.

Se incluye todas las referencias bibliográficas y se adjuntan los anexos mencionados en la recolección de datos y en el desarrollo de la investigación.

# Capítulo I. Introducción

## 1.1 Generalidades

La gran minería es una actividad industrial capital-intensiva, lo que significa que requiere grandes cantidades de inversión desde su conceptualización hasta su operación y cierre. El costo de capital inicial (CAPEX) que requiere un proyecto es el costo que se genera al comprar, adquirir o mejorar activos físicos para la operación minera. Por lo general, el costo de capital incluye una gran variedad de costos que van desde la compra de equipos, adecuación de terrenos, infraestructura y materiales.

Como parte del desarrollo de la fase de factibilidad del proyecto, la estimación del costo de capital es uno de los factores más importantes al momento de evaluar la viabilidad de un proyecto minero. El costo de capital que se estima en esta etapa, con un porcentaje de contingencia, debe ser suficiente para ejecutar el proyecto en las siguientes etapas desde la ingeniería de detalle hasta la puesta en marcha, así como los costos operativos y de mantenimiento durante la etapa productiva.

El trabajo de investigación comprende el análisis del diseño de una planta de chancado y su incidencia en la estimación del costo de capital de un proyecto en su etapa de factibilidad mediante la selección de equipos de la planta y cálculo de fajas transportadoras para cada caso de estudio propuesto.

## 1.2 Descripción del problema de investigación

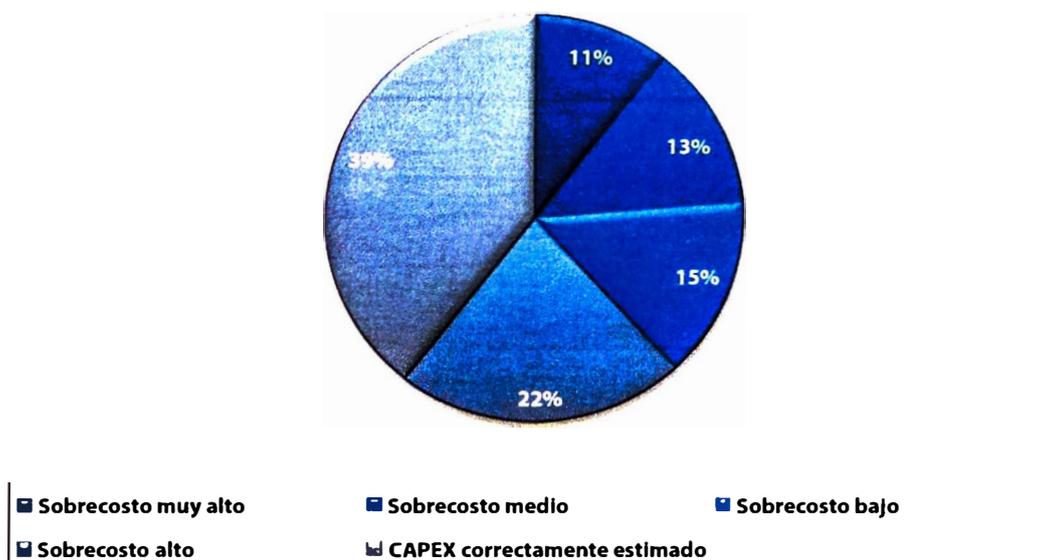
Sobrestimar los costos de capital reducen su valor, subestimarlos genera sobrecostos y conlleva a retrasar o abandonar el proyecto. Generalmente, durante las etapas preliminares, como la etapa de factibilidad, la escasez de datos es tangible, lo que genera una tendencia hacia la subestimación. (Hamidreza & Morteza, 2019)

El estudio realizado por Agüero (2015) a 76 proyectos mineros a nivel mundial (27 en Sudamérica, 17 en Norteamérica, 13 en África y Oceanía y 2 en Asia) se obtuvo un promedio de sobrecosto de capital de 34% con respecto a la estimación realizada en la etapa de factibilidad, un porcentaje por encima del +/-15% de error esperado. Precisamente, 46 de los 76 proyectos presentaron un sobrecosto general y 18 presentaron un sobrecosto alto o muy alto.

En la figura 1 se presenta la distribución según sobrecosto de capital.

### Figura 1

*Distribución de proyectos según el rango de sobrecosto de capital*



*Fuente: Análisis del sobrecosto de CAPEX entre el estudio de factibilidad y construcción de proyectos mineros y su comparación con proyectos de infraestructura y proyectos de petróleo y gas entre los años 2006-2016 (pág. 61), por Agüero, E. (2015).*

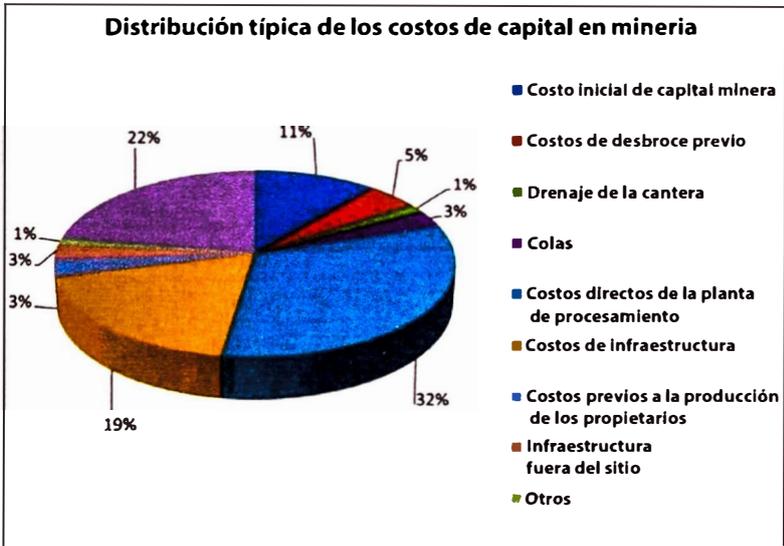
En la etapa de factibilidad, el costo de capital no es estimado con exactitud debido al bajo nivel de detalle de la ingeniería desarrollada.

Además, la presión por parte de gerencia para avanzar de la etapa de factibilidad a la construcción de un proyecto es mayor a la presión para realizar diseños correctos, aumentando más el riesgo asociado con la estimación del costo de capital. (Haubrich, 2014)

El costo de capital para proyectos mineros se divide en distintos costos asociados que se muestran en la figura 2, donde la planta procesadora representa el 32% y el manejo de relaves representa un 22 %, los cuales son de mayor incidencia. Ambos dependen principalmente de factores geológicos, de infraestructura y situación social, generando problemas en la estimación del costo capital. (Mohutsiwa & Musingwini, 2015)

**Figura 2**

*Distribución típica del costo total de capital en minas de tajo abierto*



*Fuente: Adaptado de Parametric estimation of capital costs for establishing a coal mine: South Africa case study. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy (pág. 790), por Mohutsiwa, M. & Musingwini, C. (2015)*

La mayor parte de las investigaciones se han centrado en optimizar cada uno de los subsistemas en un proceso minero de forma individual. Sin embargo, con este enfoque los sobrecostos se pueden trasladar a los otros subsistemas. En otras palabras, mientras nos enfocamos en minimizar el costo de un subsistema, el costo de los demás subsistemas aumenta. De hecho, centrarse solo en un subsistema individual conlleva a que se pierda la relación entre todos los subsistemas. (Ozdemir & Kumral, 2019)

Para el desarrollo del diseño de una planta de procesamiento de mineral, debido a la distribución de equipos y la necesidad de mantener niveles determinados para un

correcto funcionamiento, un generador de mayor costo de capital es la topografía del terreno a través del movimiento de tierras y obras civiles necesarias para adecuar los terrenos.

En la figura 3 se presenta la estimación del costo de capital de un proyecto.

**Figura 3**

*Estimación típica del costo de capital en un proyecto*

<b>ESTRUCTURA DE FINANCIACION</b>	
<b>INVERSIONES FIJAS</b>	<b>PESOS</b>
Maquinaria	\$ 136.789.000,00
Obras civiles	\$ 100.000.000,00
<b>TOTAL INV. FIJA</b>	<b>236.789.000,00</b>
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>	
<b>Efectivo (mes de gastos)</b>	
Servicios públicos	\$ 13.234.000,00
Nomina	\$ 23.407.835,00
<b>TOTAL CAPITAL DE TRABAJO</b>	<b>\$ 36.641.835,00</b>
<b>GRAN TOTAL DE LA INVERSION</b>	<b>\$ 273.430.835,00</b>

*Fuente: Estudio para el montaje y puesta en marcha de una planta para el beneficio del mineral de oro en la zona de reserva especial minera del Municipio de Quinchía Risaralda (pág. 175), por Heredia, Y. & Zapata, W. (2015)*

En la figura 4 se presenta los costos estimados de movimientos de tierra y obras civiles con respecto al costo de los equipos mecánicos en un estudio de factibilidad.

**Figura 4**

*Estimación típica general del costo de capital en un proyecto*

WBS	Área	Pre-producción (\$ millones)	Mantenimiento (\$ millones)	Cierre (\$ millones)	Total (\$ millones)
1000	Extracción	15.7	57.4	-	73.1
2000	Desarrollo del sitio	13.5	4.0	-	17.5
3000	Plantas de procesamiento	32.4	5.2	-	37.6
4000	Infraestructura en el sitio	8.8	4.1	-	13.0
5000	Infraestructura fuera del sitio	21.5	-	-	21.5
6000	Costos indirectos, inc. EPCM	11.8	-	-	11.8
7000	EPCM	23.2	-	-	23.2

Fuente: Estudio técnico económico proyecto minero Romero (pág. 302), por Goldquest Dominicana (2016)

Dado que el transporte de materiales a través de todos los sistemas varía en su naturaleza, su integración es un problema desafiante que aleja a todo un proyecto de la optimalidad. (Hongshuo, M. et al., 2022)

De entre todas las áreas que conforman una planta de procesamiento de mineral, el diseño y la ubicación de la planta de chancado conformada por los equipos de trituración y las fajas transportadoras de mineral, es una de las más importantes; de esta depende la ubicación y diseños del *stockpile* y de la planta de concentrado. Un planteamiento no adecuado de la ubicación de la planta de chancado implica un mayor trabajo de adecuación de terreno y, por consiguiente, genera conflictos a la hora de estimar los costos de capital y costos operativos. (Roumpos, C. et al., 2014)

Para el caso específico de las fajas transportadoras que conforman la planta de chancado, debido a las distancias y diferencia de niveles requeridos entre el edificio de chancado y el *stockpile* para un correcto funcionamiento, se requieren fajas de gran longitud y pendiente elevada. Este tipo de fajas, por sus características no convencionales,

tienen un mayor precio, el cual incrementa la estimación del costo de capital. Además, los factores más importantes para su diseño son el tipo de material a transportar, tonelaje por hora y las características del terreno. Cuando se presentan dificultades para la adecuación de la topografía del terreno, las características geométricas de las fajas, tales como los radios y ángulos se ven limitadas, generando así un mayor trabajo de adecuación de terreno y, por consiguiente, se genera mayor costo de capital. (Arnao, 2019)

Finalmente, se tiene que mencionar que, durante el desarrollo de la ingeniería en la fase de factibilidad de un proyecto minero, las decisiones no adecuadas respecto a la selección de equipos mecánicos generan conflictos y omisiones en el desarrollo de la ingeniería y gestión de otras especialidades, tales como la civil, estructural, electricidad, instrumentación, procura, construcción, planeamiento lo que a su vez genera también retrasos y conflictos en la estimación del costo de capital. (Socías, 2017)

Por lo tanto, la formulación del problema del trabajo de investigación corresponde a la siguiente pregunta: ¿En qué medida un inadecuado diseño de una planta de chancado afecta negativamente en la estimación del costo de capital (CAPEX)?

### **1.3 Objetivos del estudio**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Diseñar una planta de chancado primario para reducir el costo de capital en un proyecto minero en la etapa de factibilidad.

## 1.4 Antecedentes investigativos

### 1.4.1 Investigaciones internacionales

**Agüero, E. (2018) "Análisis del sobrecosto de CAPEX entre el estudio de factibilidad y construcción de proyectos mineros y su comparación con proyectos de infraestructura y proyectos de petróleo y gas entre los años 2006-2016."**

El autor realizó un estudio analizando los sobrecostos de capital, que es la razón entre el costo final de construcción y el costo estimado en el estudio de factibilidad, en los proyectos mineros durante un periodo de 10 años.

El objetivo de la investigación fue recolectar datos de proyectos durante el periodo 2006-2016, analizar los sobrecostos y compararlos con proyectos de infraestructura y de petróleo y/o gas con el fin de tener una base de datos, agregar características importantes y realizar un análisis estadístico de los datos, considerando las distintas variables planteadas.

Fueron considerados parte del estudio, 76 proyectos de todas partes del mundo, las fuentes de información fueron solo de inversiones públicas difundidas a través de distintos medios respecto a los proyectos.

En los resultados del análisis se presentó un sobrecosto de capital de 34 %, un valor por encima del 15 % de sobrecosto estimado. De los 76 proyectos, 46 proyectos presentaron un sobrecosto por encima de lo esperado y un número importante de estos presentó un sobrecosto por encima del 40 % y 80 %.

El autor concluyó que las variables con mayor influencia en el sobrecosto de capital fueron el periodo de construcción, el tamaño del proyecto, el tipo de proyecto y la administración de contratos, mientras que las variables con menor influencia fueron el tipo de *comodity*, la ubicación del proyecto, el método minero y el tamaño de la empresa.

Con respecto a la comparación con los proyectos de infraestructura y de petróleo y/o gas, el autor concluyó que una de las variables principales es el periodo de construcción; sin embargo, las etapas, tiempos y exigencias son distintas, y a pesar de eso, no están exentas de generar sobrecostos debido a los otros factores mencionados.

***Paricheh, M., et. al. (2017). "In-Pit Crusher Location as a Dynamic Location Problem."***

El objetivo de la investigación fue determinar y analizar los principales parámetros que influyen en la ubicación del sistema IPCC en las minas de tajo abierto y como se aplican a un modelo de problema de ubicación-reubicación dinámico.

El modelo fue aplicado a una mina de cobre en Irán, donde se determinaron las ubicaciones óptimas en distintos años de vida de la mina dependiendo del año de aplicación del sistema, además de las ubicaciones y la cantidad de reubicaciones que éstas tendrían. Con estos resultados, comparó el sistema IPCC con el sistema convencional de camiones donde fue determinado que el ahorro sería aproximadamente 150 millones de dólares, ya que el recorrido que realizarían los camiones sería cada vez más largo.

Los autores concluyeron que, aparte de la selección de una chancadora y tipo de sistema de manejo de materiales, la ubicación de este sistema debe ser optimizado con el fin de reducir los costos operativos y de capital.

***Yousef, G. (2016). "Development of Conveyor Belts Design for Reducing Energy Consumption in Mining Applications."***

El objetivo de la investigación fue realizar un análisis de los factores más significativos que afectan el consumo energético y propuso soluciones para la fase de diseño de una faja.

Los factores fueron clasificados como: "parámetros de diseño de sistema", "condiciones operacionales" y "condiciones ambientales". Los cálculos de la demanda de energía fueron evaluados en distintos casos operativos, basándose en datos de entrada comunes usados en el sector minero.

De acuerdo con los resultados, el autor concluyó que los factores más significativos que afectan el consumo eléctrico en una faja horizontal de gran longitud son la temperatura ambiental, la velocidad de la faja, el tamaño de los polines, espaciamento entre polines y el material de los polines; por lo que, para el diseño de una faja horizontal de gran longitud

con una cierta capacidad se recomendó seleccionar polines grandes, especificar un espaciamiento corto entre polines y considerar velocidades altas.

#### **1.4.2 Investigaciones nacionales**

**Vargas, B. (2019). "Optimización de la productividad de acarreo de desmonte mediante la implementación de fajas transportadoras y chancadoras utilizando la simulación con el software MINEHAUL® en la compañía minera Antamina S.A."**

El autor realizó un estudio que consideró dos alternativas de transporte de material de desmonte de mina hacia el botadero, la primera fue un sistema de acarreo por camiones (caso test) y la segunda, un sistema mixto que consistió en una combinación de camiones, una planta de chancado con tres posibles ubicaciones (caso A, B y C) y fajas transportadoras.

El objetivo de la investigación fue evaluar el costo de capital (CAPEX) y costo operativo (OPEX) para cada una de las alternativas con el fin de analizar los impactos económicos de todas las propuestas. El costo de capital obtenido para los casos A, B y C presentaron un incremento de 84.3, 68.0 y 58.3 millones de dólares americanos respectivamente en comparación con el caso test, mientras que el costo operativo para los casos A, B y C se redujeron en 236.7, 121.0 y 246.7 millones de dólares americanos respectivamente en comparación con el caso test.

El autor concluyó que la implementación de un sistema mixto de acarreo de material con distintas ubicaciones para la chancadora (casos A, B y C) obtuvo resultados favorables en la productividad incrementando en 10.89 %, 7.57 % y 11.14% respectivamente, siendo el caso C la mejor ubicación para la chancadora.

**Meigss, M. (2014). "Construcción de planta de chancado Jessica - Unidad minera ARASI."**

El autor describió el diseño y proceso constructivo de una planta de chancado realizado en la unidad minera Arasi. La planta de chancado se dividió en 3 zonas

principales que fueron el área de chancado primario, área de chancado secundario y la faja overland con su tolva de finos.

Durante la descripción del proyecto se planteó que el presupuesto inicial para la construcción de la faja transportadora fuera de \$ 103 940.00 dólares americanos, sin embargo, fue incrementado a \$ 900 733.00 dólares americanos, debido a que no fueron considerados los volúmenes de relleno estructural, conformación de base con bolonería y sistema de subdrenaje que formaron parte de las partidas de movimientos de tierra del proyecto.

Además, durante el montaje electromecánico, una de las mayores dificultades que se presentaron en la instalación de la faja transportadora fue la implementación del dique de 10 m de altura debido a las condiciones del terreno.

El autor concluyó que para la ejecución de un proyecto, la ingeniería de detalle debe estar completada para realizar una revisión por los constructores y usuarios del proyecto final, a fin de ajustar detalles que no pudieron ser considerados. Asimismo, se debe conocer todas las condiciones del terreno puesto que el desconocimiento del terreno generó ajustes y rediseños que por consiguiente conllevó a más costo en la ejecución del proyecto.

***Infante, J. & Valdivia, G. (2020). "Análisis comparativo del uso de fajas transportadoras y camiones para el acarreo aplicando costos unitarios en una empresa minera a tajo abierto en Cajamarca."***

Los autores analizaron el uso de las fajas transportadoras y camiones para el acarreo de mineral en una empresa minera a tajo abierto, y para eso realizaron visitas a campo para obtener la información, recolección de datos y costos que se emplean en la empresa minera y obtuvieron el indicador de valor presente (VP).

Según el cálculo realizado, determinaron que el valor presente para la implementación de fajas transportadoras es de aproximadamente 119 millones de dólares,

mientras que para el caso de acarreo con camiones es de aproximadamente 164 millones de dólares.

Los autores concluyeron que la implementación de la faja transportadora presentó una ventaja favorable frente al acarreo con camiones, ya que existió una diferencia de 39% entre sus valores presentes.

## Capítulo II. Marco teórico y conceptual

### 2.1 Marco teórico

#### 2.1.1 Ciclo de vida de una mina

Karl, S. (2020) "Fases del proyecto – Proyectos Mineros Libro 1":

Los proyectos de inversión en la industria minera se caracterizan por un alto riesgo, una elevada inversión y periodos largos de recuperación y retorno.

Las minas son finitas en el tiempo, al tiempo que transcurre desde la conceptualización hasta el cierre definitivo se le denomina ciclo de vida de una mina, durante este tiempo se presentan distintas actividades secuenciales a las que se las denomina desarrollo vertical y originan las fases del ciclo de vida de una mina. En la figura 5 se presenta el ciclo de vida de una mina y sus respectivas fases.

#### Figura 5

*Ciclo de vida de una mina*



Fuente: Fases del proyecto – Proyectos Mineros Libro 1 (pág. 55), por Karl, S. (2020)

#### 2.1.2 Ciclo de vida de un proyecto minero

Karl, S. (2020) "Fases del proyecto – Proyectos Mineros Libro 1":

El ciclo de vida de un proyecto minero se superpone sobre el ciclo de vida de una mina principalmente en sus primeras fases (exploración, estudio y ejecución). En la figura 6 se presenta el ciclo de vida de un proyecto minero.

## Figura 6

*Ciclo de vida de un proyecto minero*



*Fuente: Adaptado de Fases del proyecto – Proyectos Mineros Libro 1 (pág. 56), por Karl, S. (2020)*

No existe una única metodología que defina con exactitud el ciclo de vida de un proyecto minero, diversas compañías mineras establecen estándares y procedimientos mientras que otras eligen un ciclo de vida apropiado para cada proyecto.

El ciclo de vida de un proyecto define que trabajos técnicos se deben realizar en cada fase, el método de revisión de cada entregable generado, los involucrados para cada fase y como se realiza el control y aprobación para cada fase.

El manejo de cada una de las fases y los entregables que se van desarrollando van dando forma e identidad a cada proyecto, lo cual permite una mejor toma de decisiones.

### **2.1.3 Etapas o subfases de un proyecto minero**

Karl, S. (2020) "Fases del proyecto – Proyectos Mineros Libro 1":

Las fases de cada proyecto minero se dividen en etapas o subfases según el tamaño, complejidad, nivel de riesgo y las restricciones contractuales.

Cada etapa presenta entregables específicos que sirven para el control y seguimiento del proyecto, las etapas concluyen con una revisión del trabajo y de los entregables a fin de determinar la conformidad de estos.

En la figura 7 se presentan las etapas de la fase de estudio de un proyecto minero.

**Figura 7**

*Etapas de la fase de estudio de un proyecto minero*

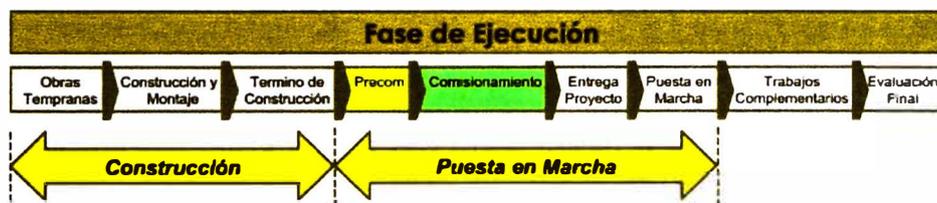


Fuente: Fases del proyecto – Proyectos Mineros Libro 1 (pág. 58), por Karl, S. (2020)

En la figura 8 se presentan las etapas de la fase de ejecución de un proyecto minero.

**Figura 8**

*Etapas de la fase de estudio de un proyecto minero*



Fuente: Fases del proyecto – Proyectos Mineros Libro 1 (pág. 58), por Karl, S. (2020)

### **2.1.4 Estudio de perfil**

Karl, S. (2020) "Fases del proyecto – Proyectos Mineros Libro 1":

El estudio de perfil tiene como objetivo realizar un análisis preliminar del potencial económico del proyecto. En esta etapa se establecen los objetivos del proyecto que son entre los más importantes:

- Ubicación y cantidad de los recursos
- Tiempo de explotación
- Tipo de explotación
- Capital de inversión
- Selección de procesos
- Ubicación de las plantas

### **2.1.5 Estudio de prefactibilidad**

Hickson, R. & Owen, T. (2015) "Project Management for Mining – Handbook for Delivering Project Success":

El estudio de prefactibilidad es un primer análisis del proyecto que se realiza para evaluar su viabilidad técnica y económica. El objetivo es determinar si el proyecto tiene el potencial de contribuir a los objetivos corporativos y si vale la pena realizar un estudio de factibilidad más detallado.

El estudio de prefactibilidad también debe garantizar que el proyecto propuesto sea la mejor opción para la oportunidad que se considera y que pueda integrarse de forma práctica en las operaciones existentes. Para ello, se analizan todas las posibles alternativas y se realizan intercambios de ingeniería de valor para identificar la opción más rentable.

La meta del estudio de prefactibilidad es establecer el mejor camino hacia el éxito del proyecto antes de embarcarse en la siguiente fase.

El estudio de prefactibilidad es una evaluación inicial del proyecto que se realiza para determinar si es viable técnica y económicamente. Se lleva a cabo cuando hay demasiada incertidumbre sobre el proyecto para justificar realizar un estudio de factibilidad completo de inmediato.

El estudio de prefactibilidad amplía la información recopilada en el estudio de perfil, y analiza todas las áreas del proyecto para identificar los riesgos potenciales y recopilar información de respaldo, como costos específicos.

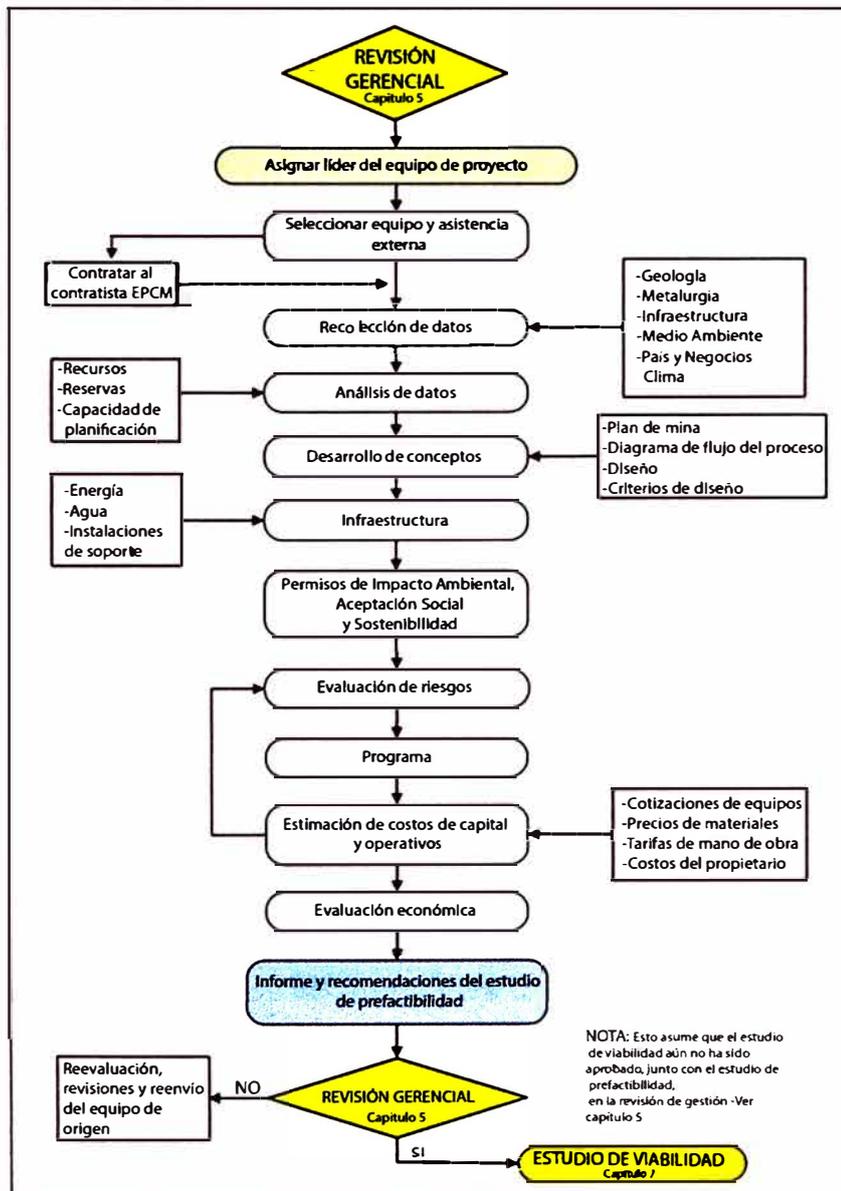
Para realizar un estudio de prefactibilidad, se suele requerir la ayuda de consultores externos especialistas. Sin embargo, los resultados de un estudio de prefactibilidad no son tan precisos como los de un estudio de factibilidad, por lo que no se consideran "bancables".

Asimismo, el estudio de prefactibilidad debe garantizar que el proyecto sea el mejor posible. Esto incluye comparar distintas alternativas y garantizar que se puedan realizar. Esto se hace para evitar tener que realizar cambios costosos y evitar retrasos en el estudio de factibilidad.

El estudio de prefactibilidad es el momento de tomar las decisiones más importantes sobre el proyecto. Estas decisiones deben tomarse con cuidado para evitar errores costosos. En la figura 9 se presenta un diagrama de bloques sobre un estudio de prefactibilidad.

**Figura 9**

*Diagrama de flujo del estudio de prefactibilidad*



Fuente: Adaptado de *Project Management for Mining – Handbook for Delivering Project Success* (pág. 69), por Hickson, R. & Owen, T. (2015)

### **2.1.6 Estudio de factibilidad**

Hickson, R. & Owen, T. (2015) *“Project Management for Mining – Handbook for Delivering Project Success”*

El estudio de factibilidad es una evaluación completa del proyecto que se realiza para determinar si es viable técnica y económicamente, y si contribuirá a los objetivos corporativos. El estudio proporciona información sólida que permite a la gerencia tomar una decisión informada sobre si proceder o no con el proyecto.

El estudio de factibilidad debe examinar todas las fases de un proyecto, desde la evaluación de la viabilidad técnica hasta la estimación de los costos y la rentabilidad. El estudio debe ser lo suficientemente detallado para que los inversores puedan tomar una decisión informada y sustentada sobre si proceder con el proyecto.

Un estudio de factibilidad debe tener suficiente detalle y precisión para que pueda ser considerado un "documento bancable" que puede ser utilizado para obtener financiamiento externo de una institución financiera independiente.

En el mundo minero, un proyecto solo es factible si es económicamente viable. Esto significa que el proyecto debe generar suficientes ingresos para cubrir sus costos y generar una ganancia.

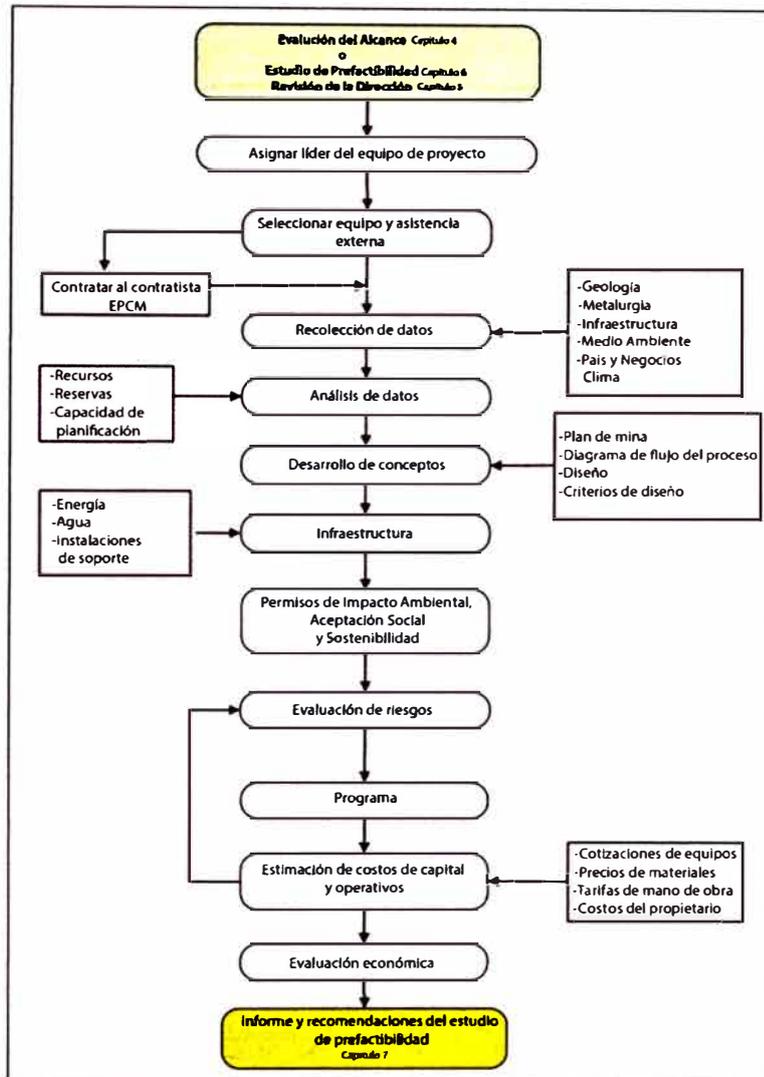
También define el alcance del proyecto con suficiente detalle para que pueda ser presupuestado y ejecutado de manera adecuada.

La estimación del costo de capital en el estudio de factibilidad debe ser lo suficientemente precisa como para que el proyecto pueda obtener financiamiento externo sin recurso. Esta estimación se convertirá en la base para controlar el proyecto si es aprobado.

En la figura 10 se presenta un diagrama de bloques sobre un estudio de prefactibilidad.

**Figura 10**

*Diagrama de flujo del estudio de factibilidad*



Fuente: Adaptado de *Project Management for Mining – Handbook for Delivering Project Success* (pág. 98), por Hickson, R. & Owen, T. (2015)

### **2.1.7 Desarrollo del concepto en el estudio de factibilidad**

Hickson, R. & Owen, T. (2015) *“Project Management for Mining – Handbook for Delivering Project Success”*

**2.1.7.1 Propiedad.** Todos los asuntos relacionados con la propiedad, el arrendamiento y el estado de la tierra se han resuelto o están en proceso de resolución. El

título de propiedad y los derechos minerales están garantizados, y se han identificado las servidumbres de acceso y los gravámenes sobre la propiedad.

**2.1.7.2 Métodos de minado.** El equipo de proyecto diseña la mina de forma que sea posible extraer el recurso de la manera más eficiente posible. Calculan la cantidad de mineral y desechos que se producirán y crean un calendario de producción. También determinan cómo se extraerá el mineral, qué equipos y personal se necesitarán, y cómo se mantendrá la mina segura y respetuosa con el medio ambiente.

**2.1.7.3 Métodos de minado.** El equipo de proyecto diseña la mina de forma que se pueda extraer el recurso de la manera más eficiente posible. Calculan la cantidad de mineral y **desechos** que se producirán y crean un calendario de producción. También determinan cómo se extraerá el mineral, qué equipos y personal se necesitarán, y cómo se mantendrá la mina segura y respetuosa con el medio ambiente.

**2.1.7.4 Selección del proceso.** El equipo de proyecto selecciona el proceso requerido para el procesamiento del mineral en función de los resultados de las pruebas metalúrgicas. Estas pruebas permiten identificar todos los posibles problemas y proporcionar los parámetros necesarios para diseñar el proceso. El equipo también determina la capacidad de la planta y los productos que se obtendrán.

Para seleccionar el proceso, el equipo realiza un amplio trabajo de pruebas en el laboratorio. Esto incluye analizar la fragmentación de la mina, la dureza del mineral, el índice de trabajo, el chancado y la molienda, la abrasión, el tamizado, la flotación, el espesamiento, la filtración, la deshidratación del concentrado y los relaves.

Una vez que el equipo ha seleccionado el proceso, redacta una descripción detallada del mismo y establece la producción anual de productos para la vida útil de la mina.

**2.1.7.5 Selección de equipos.** El equipo elabora una lista completa de todos los equipos que se utilizarán en la mina, la planta de procesamiento y las instalaciones de apoyo. La lista incluye el tamaño y características principales de cada equipo. También se indica la potencia nominal de los equipos principales y la filosofía de instrumentación.

El equipo documenta los criterios de selección que utilizó para elegir cada equipo. También justifica la cantidad, el tamaño, el diseño, la productividad, la disponibilidad y la utilización de cada equipo.

El equipo elabora la documentación necesaria y establece fechas para la compra, entrega, instalación, repuestos y capacitaciones de los equipos.

**2.1.7.6 Transporte del personal.** Se describe cómo se transportará al personal de forma segura y rápida para minimizar el tiempo perdido durante los cambios de turno y permitir que la mina opere de forma flexible.

**2.1.7.7 Apoyo de ingeniería.** Se realizan pruebas de suelo y se elaboran informes con las condiciones reales del suelo y el tipo de cimentación especificado, junto con cantidades detalladas y planos de detalle para las obras civiles.

Se realiza un estudio hidrológico detallado para confirmar la disponibilidad de agua, su origen, cualquier estrategia de desagüe de la mina necesaria y los efectos sobre los usuarios locales de aguas subterráneas.

Se establece toda la base de diseño, así como las especificaciones generales y la ingeniería básica. Se elaboran planos de diseño que permiten una definición completa del alcance. Los criterios de diseño tienen en cuenta todas las condiciones climáticas conocidas del lugar, por lo que pueden servir de base para el diseño final durante la etapa de ingeniería de detalle. Se pueden obtener cantidades definitivas para fines de estimación.

**2.1.7.8 Servicios auxiliares.** El equipo calcula la demanda de energía y diseña el sistema de suministro eléctrico. También especifican los equipos necesarios, las necesidades de mantenimiento y el sistema de control.

El equipo calcula el agua necesaria para la mina, teniendo en cuenta las entradas previstas, las necesidades del proceso, las necesidades de los equipos y la supresión del polvo, los métodos de captación, transporte y eliminación o reutilización del agua. También determinan los requisitos de bombeo y clarificación del agua. Además, establecen planes de emergencia para el caso de que haya problemas con el suministro de agua. Se calcula la demanda de aire comprimido y los requisitos de ventilación.

**2.1.7.9 Ubicación de las instalaciones.** El equipo determina la ubicación exacta y optimizada de las instalaciones en el mapa del sitio, teniendo en cuenta la topografía y las regulaciones pertinentes. También se desarrollan planos detallados de la disposición general de las instalaciones, con planos de tuberías, instrumentación y diagramas eléctricos unifilares.

**2.1.7.10 Infraestructura.** El equipo identifica y describe todas las infraestructuras necesarias para el proyecto, como el sistema logístico, carreteras, ferrocarril, agua, alcantarillado, electricidad, protección contra incendios, rutas de escape de emergencia, cámaras de refugio, cercas, almacenamiento de explosivos, pistas de aterrizaje, oficinas, instalaciones médicas, laboratorios, almacenes, áreas de almacenamiento temporal, instalaciones de mantenimiento y reparación, talleres, sala de lámparas, depósitos de combustible, instalaciones de capacitación, vestuarios, salas de descanso, comedor, campamento, alojamiento, comunicaciones, computadoras y sistemas de despacho.

### 2.1.8 Estimación del costo para un estudio final de factibilidad

Scott, J. & Johnston, B. (2002) "Guidelines to Feasibility Studies":

La estimación de costos requiere un esfuerzo de ingeniería suficiente para generar listas completas de equipos para todas las áreas del proyecto, así como dibujos de arreglos generales a un nivel adecuado para obtener cotizaciones que soporten un factor de contingencia del 10% al 15%. Normalmente, se especificarán los equipos principales y se habrán obtenido cotizaciones competitivas escritas para el suministro y la entrega por parte de los vendedores. También se cotizarán los principales trabajos de movimiento de tierras para obtener precios unitarios realistas para esta área. La estimación de costos debe ser preparada por estimadores profesionales supervisados por un ingeniero de proyectos con experiencia, basándose en las cotizaciones escritas obtenidas. En la figura 11 se presenta la información requerida para este nivel de estimación.

**Figura 11**

*Requerimientos de ingeniería de acuerdo con el tipo de estimación*

Artículo	Clase I Orden de magnitud	Clase II Viabilidad preliminar	Clase III Estándar Bancable	Clase IV Definitivo
Base para el costo de capital				
Estimaciones preparadas por	Ingeniero de Proyectos	Sr. Estimadores	Sr. Estimadores	Departamento de Estimación
Cotizaciones de proveedores	Previo	Única fuente	Múltiple	Competitivo
Trabajo civil	Rough sketch/prev.	est. de dibujo	est. de dibujo	Estimaciones
Trabajo mecánico	% de maquinaria	% de maquinaria	Trabajo/tonelada	Trabajo/tonelada <sup>1</sup>
Trabajo estructural	Rough sketch/prev.	Pre. planos	Cantidad/tonelada	Cantidad/tonelada <sup>1</sup>
Tuberías e Instrumentación	% de maquinaria	% de maquinaria	Cantidad	Cantidad <sup>1</sup>
Trabajo eléctrico	\$ por kW/prev.	\$ por kW/prev.	Cantidad	Cantidad <sup>1</sup>
Costos indirectos	% del total	% del total	Calculado	Calculado
Contingencia <sup>2</sup>	20-25% <sup>2</sup>	15-20% <sup>2</sup>	15% <sup>2</sup>	10% <sup>2</sup>

Fuente: Adaptado de *Guidelines to Feasibility Studies*, por Scott, J. & Johnston, B. (2002)

### 2.1.9 Reducción de tamaño de mineral y chancadoras

Gupta, A. & Yan, D. (2016) *Mineral Processing Design and Operations – An*

Introduction:

Los minerales se encuentran en la naturaleza combinados entre sí, tanto físicamente como químicamente. Para separar los minerales de interés comercial de la

roca en la que se encuentran, se utilizan métodos tanto físicos como químicos que van desde la reducción del tamaño de material hasta la separación sólido-líquido.

La mayoría de los minerales se extraen en forma de rocas grandes y por lo general, la concentración de minerales útiles en las rocas madre es baja, por lo que hay que extraer grandes cantidades de roca para recuperar una cantidad suficiente de mineral útil para que la operación sea rentable. Por lo tanto, el primer paso en el proceso de recuperación de minerales de las rocas madre es reducir el tamaño de la roca mediante la trituración y la molienda.

**2.1.9.1 Reducción del tamaño del mineral.** El proceso de reducción de tamaño se puede diseñar de diferentes maneras, pero normalmente se realiza en uno o más circuitos abiertos o cerrados. En un circuito abierto, el producto final es una mezcla de partículas de diferentes tamaños, mientras que, en un circuito cerrado, el producto se recircula para seguir reduciendo su tamaño hasta alcanzar el deseado. En algunos casos, se utiliza una combinación de ambos circuitos.

En un circuito abierto de una sola etapa, el producto final suele tener una gama de tamaños de partículas que no es suficiente para liberar el mineral. Por lo tanto, a menudo es necesario utilizar una segunda o incluso una tercera etapa de reducción de tamaño para liberar las partículas minerales al tamaño deseado.

Los dos equipos más utilizados para reducir el tamaño de las rocas son las chancadoras y los molinos. Las chancadoras se alimentan normalmente con rocas de hasta un metro de tamaño, mientras que los molinos se alimentan con rocas trituradas hasta un tamaño máximo de unos 50 milímetros. Las rocas más grandes que se producen en las minas se separan primero con zarandas, se rompen con martillos hidráulicos y luego se introducen en las chancadoras.

La principal diferencia entre ambos equipos es que en el chancado la reducción de tamaño se produce más por compresión e impacto y menos por atrición, mientras que en la molienda las fuerzas de atrición son mucho mayores.

**2.1.9.2 Chancadoras.** El primer paso para reducir el tamaño del mineral ROM (run of mine) grande y duro es triturarlo. Las operaciones de chancado a gran escala se suelen realizar con equipos mecánicos, como las chancadoras de mandíbulas (jaw crushers), chancadoras giratorias y chancadoras de rodillos.

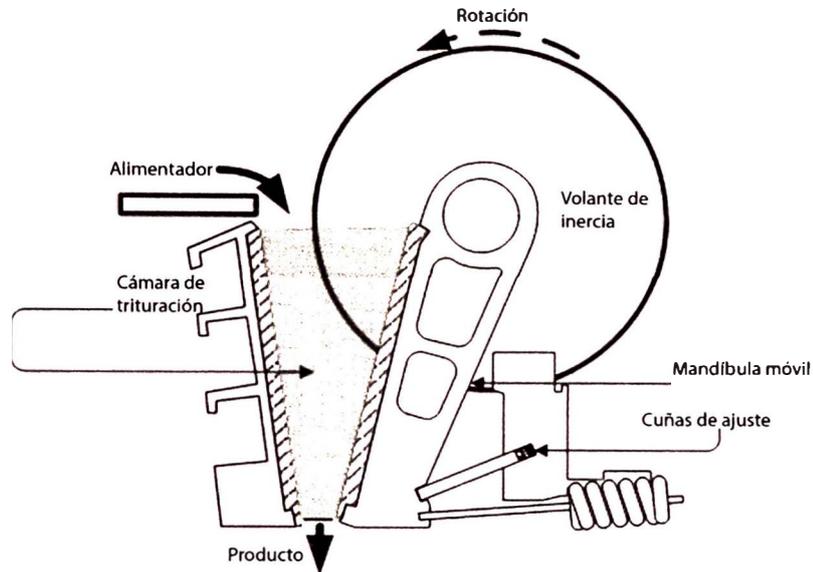
Cuando existen rocas de mineral que son demasiado grandes para las chancadoras, se utilizan rompedores de rocas de percusión u herramientas similares para romperlas hasta el tamaño adecuado.

El mecanismo de chancado consiste en aplicar una fuerza de impacto, una presión o una combinación de ambas. La chancadora de mandíbulas tritura principalmente por compresión, mientras que las otras chancadoras funcionan principalmente por impacto.

**2.1.9.3 Chancadora de mandíbula.** Las chancadoras de mandíbula están diseñadas para dar un impacto a una partícula de roca situada entre una placa fija y otra móvil (mandíbula). Las caras de las placas están hechas de acero endurecido. Ambas placas pueden ser planas, o la placa fija puede ser plana y la placa móvil puede ser convexa. Las superficies de ambas placas pueden ser lisas o corrugadas. La placa móvil aplica la fuerza de impacto a las partículas que se encuentran contra la placa fija. En la figura 12 se presenta una chancadora de tipo mandíbula típica.

## Figura 12

Ilustración esquemática de una chancadora de mandíbula



Fuente: Adaptado de *Efficient Modeling and Control of Crushing Processes in Minerals Processing* (pág. 98), por Johansson, M. (2019)

Las chancadoras de mandíbulas primarias se utilizan para triturar rocas grandes en trozos más pequeños. Se pueden utilizar en circuito abierto o cerrado, dependiendo de la reducción de tamaño requerida. En circuito abierto, el producto triturado se transporta directamente a la siguiente etapa de procesamiento. En circuito cerrado, el producto triturado se tamiza y el sobre tamaño se devuelve a la chancadora para su posterior reducción de tamaño.

La alimentación de las chancadoras de mandíbulas debe ser cuidadosamente diseñada para equilibrar la tasa de rendimiento de la trituradora. Si la tasa de alimentación es demasiado alta, la chancadora se atascará. Si la tasa de alimentación es demasiado baja, la chancadora no funcionará a su máxima capacidad.

La alimentación por estrangulamiento es una forma de alimentación que produce más finos y requiere un control cuidadoso de la alimentación. Sin embargo, la alimentación por estrangulamiento es deseable para la liberación de minerales.

El tamaño de una chancadora de mandíbulas se suele describir por la abertura y la anchura, expresado como abertura × anchura. Los tipos de chancadoras más comunes, sus tamaños y su rendimiento se resumen en la figura 13.

**Figura 13**

*Características de una chancadora de mandíbula*

Tipo de trituradora	Medida (mm)				Relación de reducción		Poder (kW)		Velocidad de palanca (rpm)	
	Abertura (mm)		Ancho (mm)		Rango	Promedio	Min	Max	Min	Max
	Min	Max	Min	Max						
Blake, Doble Palanca,	125	1600	150	2100	4:1/9:1	7:1	2.25	225	100	300
Palanca Única,	125	1600	150	2100	4:1/9:1	7:1	2.25	400	120	300
Dodge	100	280	150	28	4:1/9:1	7:1	2.25	11	250	300

Fuente: Adaptado de *Mineral Processing Design and Operations – An Introduction* (pág. 125), por Gupta, A. & Yan, D. (2016)

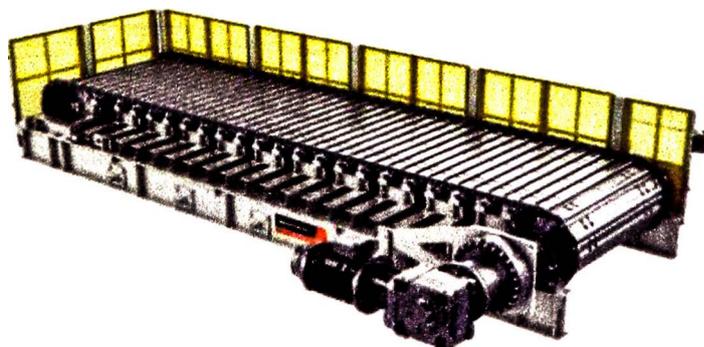
### 2.1.10 Alimentadores de placa (Apron Feeders)

(TELESMITH, 2011) Mineral Processing Handbook:

Los alimentadores de placa se utilizan en los casos en los que se necesitan máquinas muy robustas que puedan manipular grandes cantidades de material a las chancadoras primarias. También se pueden utilizar para manipular materiales fangosos o pegajosos. Los alimentadores de placa están disponibles en una variedad de tamaños, desde 30" a 72" de ancho y de 9' a 50' de largo.

**Figura 14**

*Alimentador de placas*



Fuente: Tomado de *MO Feeding Solutions Brochure*, por Metso Outotec

### **2.1.11 Fajas transportadoras (Belt Conveyors)**

CEMA (2014) Belt Conveyors for Bulk Materials:

Las fajas transportadoras son la forma más popular de transportar materiales bulk porque son económicos, seguros, fiables, versátiles y tienen una amplia gama de opciones de capacidad. También son utilizados para realizar muchas funciones de procesamiento, además de su función principal de mover materiales entre operaciones. Recientemente, las fajas transportadoras se han vuelto aún más populares porque cumplen con los requisitos medioambientales.

Además, las fajas transportadoras requieren menos mano de obra y energía que otros medios de transporte. A medida que los costes de funcionamiento siguen aumentando. Los fabricantes fajas transportadoras han mejorado constantemente sus diseños y componentes, lo que ha hecho que sean más fiables y seguros que nunca. Las fajas más resistentes y duraderas, así como los componentes mejorados y los sofisticados controles eléctricos y dispositivos de seguridad, han contribuido a la fiabilidad y seguridad de este medio de manejo de materiales.

Las fajas transportadoras son muy versátiles y son capaces de recibir material de uno o más lugares y entregarlo en los puntos o áreas necesarios. Generalmente, suelen ser la principal vía de transporte y cargarse en varios puntos o en cualquier lugar a lo largo de su longitud. Son especialmente útiles la alimentación y en túneles debajo de pilas de almacenamiento, desde donde pueden recuperar y mezclar materiales de diferentes pilas.

**2.1.11.1 Consideraciones de diseño de fajas transportadoras.** Las fajas transportadoras se disponen de forma que sigan un número infinito de perfiles o trayectorias de recorrido. Entre ellos se encuentran los transportadores horizontales, inclinados o declinados, con la inclusión de curvas cóncavas, convexas o horizontales en cualquier combinación.

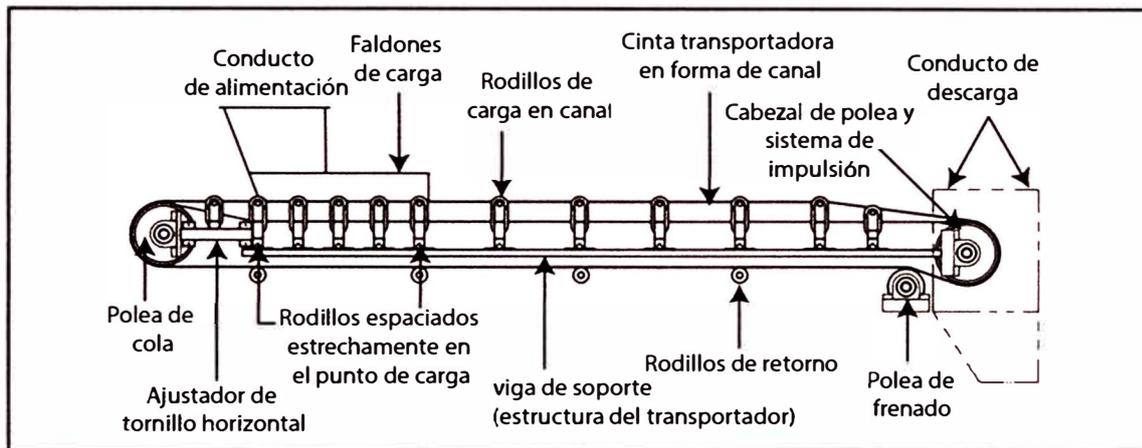
Las fajas transportadoras se combinan de muchas maneras diferentes para crear una variedad infinita de rutas de transporte. Pueden transportar carga en ambas

direcciones y tienen una amplia gama de capacidades de carga. Para aplicaciones donde las fajas transportadoras básicas no son adecuadas, existen diseños especializados.

En la figura 15 se presenta una configuración típica para una faja transportadora.

**Figura 15**

*Configuración típica de una faja transportadora*



Fuente: *Belt Conveyors for Bulk Materials* (pág. 17), por CEMA (2014)

**2.1.11.2 Diseño estructural.** El diseño de un sistema estructural para las fajas transportadoras es una tarea compleja que requiere considerar una serie de factores, como la estabilidad de la estructura, su costo y las cargas que actuarán sobre ella. Para ello, se suele generar un diseño inicial utilizando tamaños estimados de los miembros estructurales. Este diseño se utiliza para determinar el peso propio de la estructura, así como para identificar todas las cargas que actuarán sobre ella, de acuerdo con los códigos y normas aplicables. Una vez hecho esto, se suelen realizar una o dos iteraciones de análisis y evaluación para finalizar la selección de los miembros. Este proceso puede agilizarse mediante el uso de estructuras prefabricadas y de software de análisis estructural.

De manera general se debe tener en consideración los siguientes puntos al momento de realizar el diseño estructural de las fajas transportadoras:

- Diseño por tensiones admisibles
- Diseño por factores de carga y resistencia

- Vibración
- Deflexión
- Tipo de materiales
- Cargas (cargas vivas, cargas muertas, etc.)
- Cargas de tensión de las fajas
- Cargas de viento, sísmicas y dinámicas

**2.1.11.2 Características de los materiales a transportar.** Se utilizan habitualmente varios parámetros para describir el comportamiento del flujo de materiales a transportar entre los que encontramos:

- Fricción interna: la fricción del material sobre sí mismo.
- Resistencia cohesiva: el grado en que las partículas individuales tienden a pegarse entre sí.
- Resistencia adhesiva: el grado en que el sólido a granel tiende a pegarse a las superficies o a la banda.
- Fluidéz: la libertad de las partículas para moverse cuando son sometidas a la gravedad o a una fuerza externa.
- Ángulo de reposo: el ángulo entre la horizontal y la pendiente de una pila de material a granel.
- Fricción de la interfaz: la fricción entre el material bulk y una superficie, como la pared de una tolva o la faja.
- Ángulo de sobrecarga: el ángulo tangente a la superficie idealizada del material a granel que se transporta.
- Distribución del tamaño de las partículas: porcentaje de material retenido en cada una de una serie de tamices estándar.
- Densidad aparente: el peso por unidad de volumen del material a granel en estado no compactado.

Todos ellos se ven afectados por las variaciones del contenido de humedad y por el historial de tensiones del material (condiciones de carga y descarga durante el transporte).

La siguiente tabla 1 lista algunos materiales comunes y su clasificación según CEMA.

**Tabla 1**

*Clasificación y definición de materiales*

Material Description	Loose Bulk Density lb/ft <sup>3</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	CEMA Material Code	Angle of Repose (deg.)	Maximum Allowable Angle of Conveyor Inclination (deg.)
Alumina	55-66 (881-1057)	58(B <sub>3</sub> )27MY	22	12
Bark, Wood, Refuse	10-20 (160-320)	15(E)45TVY	45	27
Bentonite, 100 mesh	50-60 (801-961)	55(A <sub>100</sub> )25MXY	42	20
Cement, Clinker	75-95 (1201-1522)	85(D <sub>2</sub> )36	30-40	18-20
Coal, Powder River Basin	40-55 (641-881)	50(D <sub>1</sub> )5LV	38	15
Coal, Bituminous, Mined	45-55 (721-881)	50(D <sub>2</sub> )35	38	15
Coal, Lignite	37-45 (593-721)	41(D <sub>2</sub> )35TN	38	15
Coke, Petroleum, Shot	45-63 (721-1009)	50(C <sub>2</sub> )6LTWZ	35-40	11
Coke, Petroleum, Sponge	45-63 (721-1009)	50(C <sub>2</sub> )6LTWZ	35-40	14
Coke, Petroleum, Fluid	58-63 (929-1009)	61(B <sub>1</sub> )6LMTWYZ	25-35	*
Copper, Ore	120-150 (1922-2403)	125(D <sub>1</sub> )36	30-44	20
Cullet, Fines	80-120 (1281-1922)	120(C <sub>2</sub> )37	30-44	20
Earth, Wet, Containing Clay	100-110 (1602-1762)	105(D <sub>10</sub> )46OV	45	23
Gravel, Pebbles	90-100 (1442-1602)	95(D <sub>2</sub> )27	30	12
Kaolin, Clay, 3-inch & Under	63 (1009)	63(D <sub>2</sub> )25	35	19
Lime, Hydrated	40 (641)	40(B <sub>2</sub> )35LM	40	21
Limestone, Crushed	85-90 (1362-1442)	88(D <sub>2</sub> )36	38	18
Phosphate Rock, Pulverized	60 (961)	60(B <sub>2</sub> )36	40	25
Rice, Hulled	45-49 (721-785)	47(C <sub>2</sub> )25P	19	8
Sand, Foundry, Prepared	65-75 (1041-1201)	70(B <sub>2</sub> )47X	30-44	24
Taconite, Pellets	116-130 (1858-2082)	123(D <sub>2</sub> )17Q	30-44	13-15
* Normally pneumatically conveyed				

Fuente: Belt Conveyors for Bulk Materials (pág.53), por CEMA (2014)

**2.1.11.3 Ancho de faja.** El ancho de una faja transportadora depende de varios factores, incluido el tamaño del material transportado, la velocidad de la faja y el tipo de aplicación. La faja debe ser lo suficientemente ancha para evitar que el material se derrame por los bordes, y la tolva de carga debe ser lo suficientemente ancha para permitir que el material pase sin atascarse.

CEMA recomienda dimensiones estándar para bandas transportadoras de diferentes anchos, geometrías de rodillos y velocidades máximas de faja para diversas aplicaciones. Estas dimensiones están diseñadas para garantizar un diseño conservador que evite problemas.

Los anchos de las fajas transportadoras generalmente se expresan en pulgadas en los Estados Unidos. Los anchos de faja más comunes en los Estados Unidos y los anchos equivalentes de faja en el sistema métrico se enumeran en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Anchos estándar de fajas transportadoras*

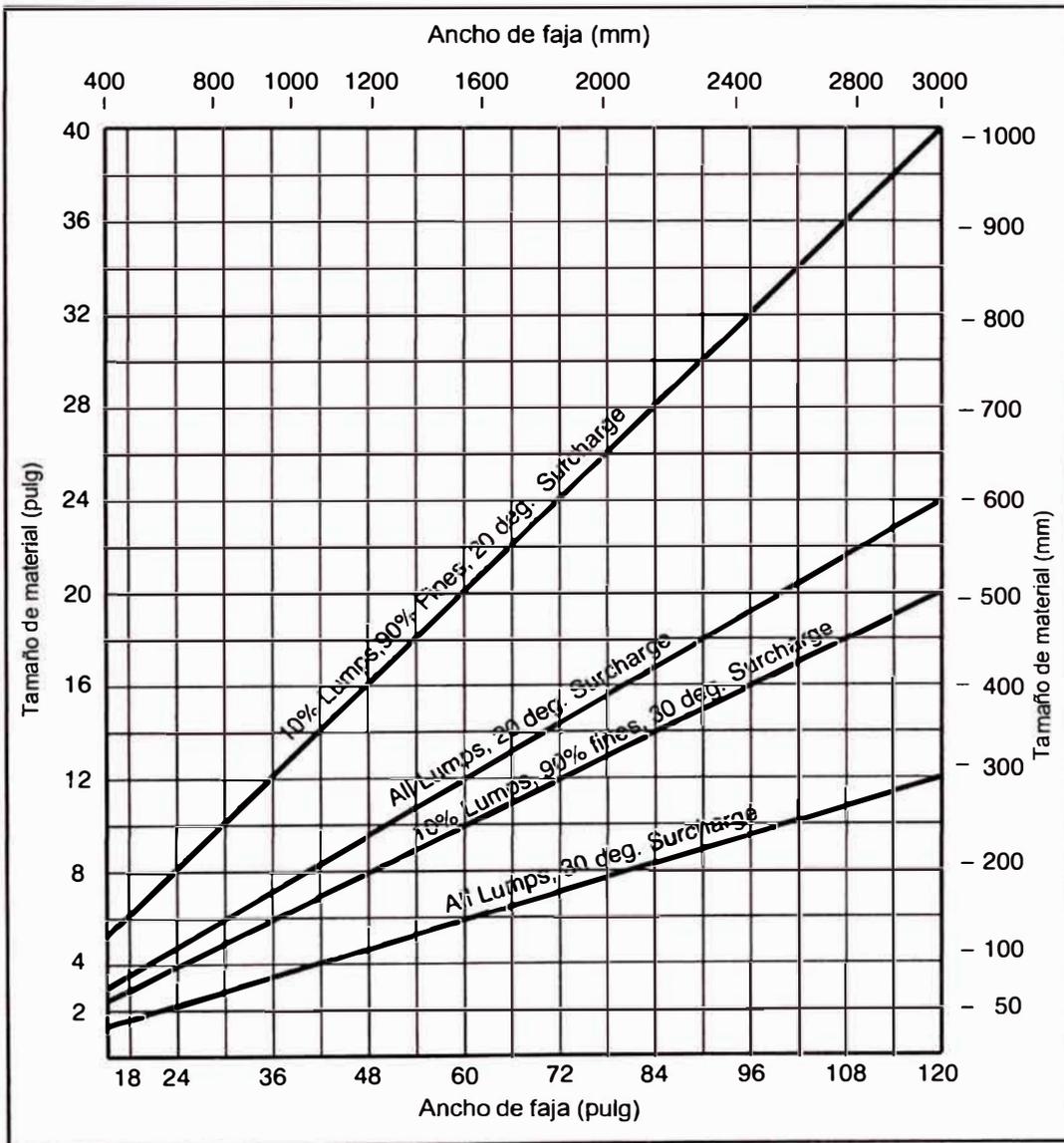
Estándar US Anchos de faja, BW en (mm)	Anchos de faja métricos comunes, BW en (mm)
18 (457)	500 (19.7)
24 (610)	600 (23.6)
30 (762)	800 (31.5)
36 (914)	1000 (39.4)
42 (1067)	
48 (1219)	1200 (47.2)
54 (1372)	1400 (55.1)
60 (1524)	1600 (63.0)
72 (1829)	1800 (70.9)
84 (2134)	2000 (78.7)
96 (2438)	2400 (94.5)
108 (2743)	2800 (110.2)
120 (3048)	3000 (188.1)

Fuente: *Belt Conveyors for Bulk Materials* (pág.60), por CEMA (2014)

Además, el tamaño del material que se transportan en una faja transportadora afecta a las características de la faja y a la elección de los polines de transporte. En la figura 16 se muestra la relación entre el ancho de faja necesario según un determinado tamaño de material.

**Figura 16**

*Ancho de faja necesario para un determinado tamaño de material*



Fuente: *Belt Conveyors for Bulk Materials* (pág.61), por CEMA (2014)

**2.1.11.4 Velocidades de faja.** La velocidad de una faja transportadora depende de muchos factores, como el tipo de material que se transporta, el ancho de la faja, la capacidad, la tensión de la faja y los equipos de carga y descarga. Cada aplicación debe evaluarse en función de estos factores técnicos, así como del costo, las condiciones de funcionamiento y el mantenimiento. Aunque la tendencia es hacia fajas más estrechas a mayor velocidad para reducir costos, las fajas estrechas y de alta velocidad pueden provocar problemas de carga, mayor desgaste y degradación del material, lo que conlleva a ser un problema para las instalaciones que necesitan un alto nivel de disponibilidad de la faja transportadora, para evitar la degradación del material y las fugas. Las recomendaciones de CEMA para las velocidades máximas de funcionamiento de las fajas transportadoras se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Rangos de velocidad de faja recomendados*

Application	Common Belt Speed Ranges	Limiting Factor(s)
Free flowing non-abrasive materials like whole grains	400 to 1200 fpm (2.0 to 6.0 m/s)	Material degradation and dust generation
Clay, soft ores, overburden and earth, fine crushed stone.	600 to 1400 fpm (3.0 to 7.0 m/s)	Material degradation, dust generation and component wear
Heavy, hard, sharp edged ore, coarse crushed stone, refuse	400 to 1200 fpm (2.0 to 6.0 m/s)	Belt and chute wear, noise
Coal, lignite, petroleum coke	500 to 1400 fpm (2.5 to 7.0 m/s)	Material degradation, dust generation, spillage and noise
Wood chips, biomass and bagasse	200 to 500 fpm (1.0 to 2.5 m/s)	Dust generation and chute pluggage
Lime, clinker and cement	400 to 800 fpm (2.0 to 4.0 m/s)	Dust generation and component wear
Discharge by belt plows	200 to 400 fpm (1.0 to 2.0 m/s)	Discharge spillage, plow and belt wear
Belt feeders	50 to 100 fpm (0.25 to 0.5 m/s)	Liner and belt wear
Stackers, reclaimers and loaders	400 to 1000 fpm (2.0 to 5.0 m/s)	Material degradation, dust generation, spillage and noise
Trippers	300 to 500 fpm (1.5 to 2.5 m/s)	Dust generation and spillage
Overland conveyors	1000 to 2000 fpm (5.0 to 10.0 m/s)	Conveyor path, material degradation, dust generation, spillage and noise

Fuente: *Belt Conveyors for Bulk Materials* (pág.61), por CEMA (2014)

**2.1.11.4 Capacidades de faja.** La capacidad de una faja transportadora es el volumen de material que puede transportar por unidad de tiempo. Se calcula multiplicando el área transversal de la faja por su velocidad. La densidad aparente del material se utiliza para convertir esta capacidad volumétrica en una tasa de flujo de masa o peso. Los transportadores suelen diseñarse para transportar menos material de su capacidad máxima para reducir los problemas comunes y mejorar la fiabilidad. Hay muchos factores que afectan a la capacidad de una faja transportadora, como las propiedades del material que se transporta, la velocidad de la banda y el tamaño de otros componentes.

CEMA ha establecido normas para calcular la capacidad de los transportadores de banda. Estas normas incluyen distancias estándar desde el borde de la banda que deben utilizarse para evitar problemas. La capacidad de un transportador de banda de acuerdo con las normas de la CEMA puede reducirse aún más utilizando factores de diseño de capacidad sugeridos y estar en un rango de 100 % a 80 % de la sección transversal de carga estándar según CEMA.

**2.1.11.4 Selección del tipo de faja.** Para seleccionar un tipo de faja transportadora, es necesario analizar todos los factores que influirán en su funcionamiento, como el tipo de material que se transportará, la capacidad requerida, la velocidad de la banda, el perfil del transportador, el tipo de accionamiento, el diámetro de las poleas, el sistema de tensado, los rodillos, el sistema de carga, las temperaturas de funcionamiento y el tipo de empalme de banda.

Una banda transportadora típica consta de tres elementos: la cubierta superior, la carcasa y la cubierta inferior. Las cubiertas protegen la carcasa de la banda de los daños y de los factores de deterioro presentes en el entorno de funcionamiento.

## 2.2 Marco conceptual

**Factibilidad:** Etapa de un proyecto minero donde se definen aspectos técnicos y económicos.

**Comodity:** Tipo de mineral a procesar en una operación minera.

**Acarreo:** Acción de transportar materiales de un lugar a otro mediante camiones o fajas transportadoras.

**Alimentación:** Acción de colocar el material a la entrada del equipo.

**Sacrificio:** Faja transportadora que recibe el material directamente de la descarga de la chancadora.

**Stockpile:** Depósito de forma cónica que capta y almacena mineral procedente de la planta de chancado.

**Vendor:** Encargado de realizar cotizaciones de equipos adjuntando información técnica requerida.

**Botadero:** Lugar de almacenamiento de material no aprovechable.

**Chancadora:** Equipo mecánico que disminuye el tamaño de material extraído de mina para que pueda ser procesado.

**Faja:** Equipo mecánico que transporta material procesado de un punto A hacia un punto B.

## Capítulo III. Hipótesis y operacionalización de variables

### 3.1 Hipótesis

Un óptimo diseño de una planta de chancado permitirá reducir el costo de capital de un proyecto minero en la etapa de factibilidad.

### 3.2 Operacionalización de variables

**Variable independiente:** Diseño de una planta de chancado.

**Indicadores:** Tonelaje por hora (tpd), longitud y recorrido de faja (m), ángulo de elevación de faja ( $^{\circ}$ ), velocidad de faja (m/s) y radio de curvatura (m).

**Variable dependiente:** Costo de capital.

**Indicadores:** Cantidad de equipos, cantidad de movimiento de tierras (m<sup>3</sup>), precio por metro cúbico de movimiento de tierras (USD) y precio de equipos (USD).

## Capítulo IV. Metodología de la investigación

### 4.1 Tipo y diseño de la investigación

#### 4.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación con respecto al enfoque es de tipo cuantitativa porque se ha identificado cinco características epistemológicas que corresponden a dicha naturaleza.

Desde el punto de vista de la percepción de la realidad es objetiva al buscar la cuantificación de datos e indicadores numéricos, longitudes, ángulos de elevación, velocidades, cantidades y precios.

La investigación utiliza un razonamiento de tipo deductivo para contrastar la hipótesis, ya que las variables y factores se analizarán en función de una teoría relacionada con el tema.

La investigación tiene como objetivo verificar la veracidad de la hipótesis, y el método utilizado depende del objeto de estudio basándose en los resultados obtenidos.

Desde la perspectiva del investigador se trabaja los datos desde afuera, pues se establece una distinción entre el investigador y la realidad presentada, que es aprehendida por el investigador como agente externo a la misma.

Desde el punto de vista de la causalidad, el efecto en la variable dependiente presenta como antecedente directo las condiciones de la variable independiente como resultado de la elaboración de la investigación.

El alcance de la presente investigación es de tipo correlacional, porque recolecta datos registrados en un periodo determinado de tiempo, se realiza la identificación de las variables, se cuantifican y determinan su incidencia para luego analizar su relación respecto al diseño de la planta de chancado respecto a la estimación del costo de capital.

#### **4.1.2 *Diseño de la investigación***

El diseño de la investigación es de tipo no experimental transeccional porque se centra en analizar las variables y su relación en un punto determinado en el tiempo, además se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único.

#### **4.1.3 *Unidad de análisis***

La presente investigación tendrá como unidad de análisis el estudio de factibilidad desarrollado para un proyecto minero ubicado en la municipalidad de Puerto Libertador en el departamento de Córdoba, Colombia. El proyecto contempla una operación de mina a tajo abierto y el procesamiento de concentrados de oro, plata y cobre.

La altura promedio de operación que tendrá la mina y la planta se encuentra aproximadamente entre los 100 y 350 m.s.n.m.

#### 4.1.4 Matriz de consistencia

**Tabla 4**

*Diseño de una planta de chancado para reducir el costo de capital (CAPEX) de un proyecto minero en la etapa de factibilidad*

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES		INDICADORES	TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
			DEPENDIENTE	INDEPENDIENTE		
¿En qué medida un inadecuado diseño de una planta de chancado afecta negativamente en la estimación del costo de capital (CAPEX)?	Diseñar una planta de chancado primario para reducir el costo de capital en un proyecto minero en la etapa de factibilidad.	Un óptimo diseño de una planta de chancado permitirá reducir el costo de capital de un proyecto minero en la etapa de factibilidad.	Costo de capital.	Diseño de una planta de chancado.	Tonelaje por hora (tpd), longitud y recorrido de faja (m), ángulo de elevación de faja (°), velocidad de faja (m/s) y radio de curvatura (m).	Plantillas de datos en Excel.  Revisión del estudio de prefactibilidad.  Planos de topografía.

Fuente: Elaboración propia

## **Capítulo V. Desarrollo del trabajo de investigación**

El capítulo V se divide en cinco secciones. La primera sección describe los datos recolectados para las dos ubicaciones que forman parte del análisis en el desarrollo de la presente investigación; la segunda sección describe el diseño que tendrá la planta de chancado para las dos ubicaciones; la tercera sección describe el diseño de las fajas transportadoras asociadas al diseño de la planta de chancado; la cuarta sección presenta el listado de equipos generado por los diseños finales y finalmente la quinta sección describe y presenta los costos de capital obtenidos para las dos ubicaciones analizadas.

El procesamiento de datos se realizó para dos ubicaciones de la chancadora y sus respectivos perfiles para las fajas que alimentarán al stockpile, con la finalidad de comparar los costos de capital obtenidos en cada caso y determinar la mejor ubicación durante la etapa de factibilidad del proyecto.

La obtención del costo de capital consiste en estimar los costos de los equipos considerados en el diseño, los costos de movimiento de tierras asociados a cada equipo y los costos de montaje y puesta en marcha.

### **5.1 Recolección de datos**

Durante a la primera etapa del desarrollo de la presente investigación se recolectó la información del estudio de prefactibilidad, así como los planos y documentos asociados, las condiciones del sitio, requerimientos de procesos, información topográfica del terreno y características del material a procesar en la planta.

La recolección de datos de los perfiles de las fajas transportadoras asociados a cada ubicación de la planta de chancado se realizó mediante el formato del ANEXO 1, 2, 3 y 4.

### **5.1.1 Diagrama de flujo de procesos general**

El proyecto se ha desarrollado como una operación a tajo abierto, la planta de procesamiento general tendrá una capacidad de 16 000 toneladas por día. El mineral de mina (ROM) obtenido del tajo pasa por las siguientes etapas de procesamiento: chancado, molienda, flotación, espesamiento de concentrado y filtrado; mientras que el relave producido en la flotación es procesado en la etapa de espesamiento de relaves con el fin de recuperar oro, plata y cobre.

La etapa de chancado comprende una alimentación por camiones que descargan el material hacia la chancadora primaria, el material obtenido de este proceso es enviado hacia el stockpile, por medio de fajas transportadoras, que almacena y dosifica la alimentación a la planta de procesamiento.

La molienda es alimentada desde el stockpile por medio de una faja transportadora. Los equipos principales son un molino semi-autógeno (SAG) y un molino de bolas que se encuentran en un circuito cerrado que termina con la clasificación de la pulpa a través de un nido de hidrociclones.

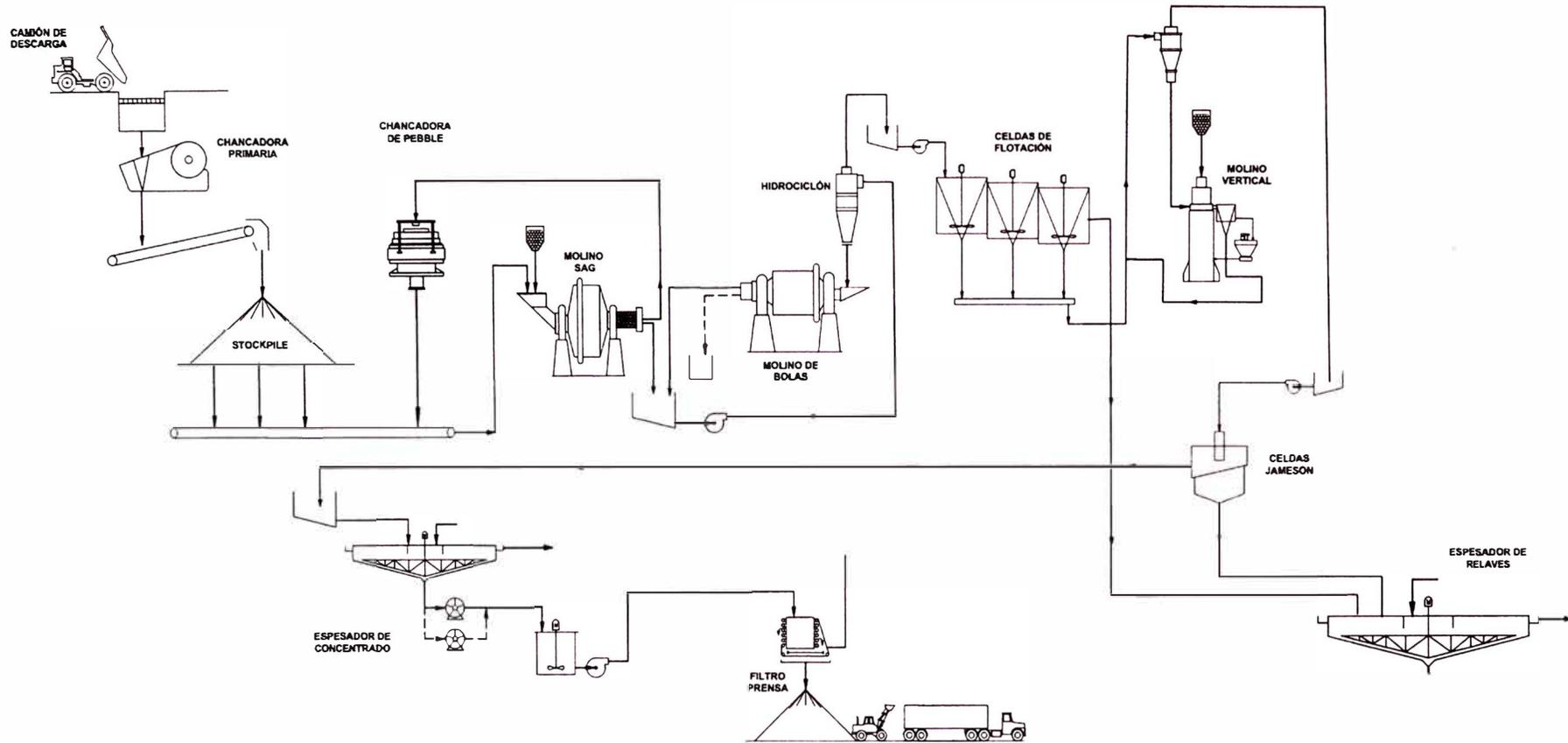
La flotación comienza en la etapa rougher por medio de unas celdas de flotación tipo tanque, el producto es enviado a un molino de remolienda para que finalmente ingrese al circuito de flotación Jameson. El producto final es enviado hacia espesamiento por gravedad, mientras las colas son enviadas al espesador de relaves.

El espesador de concentrado recibe el producto de la flotación, una vez espesado es enviado por medio de bombas al filtro prensa de concentrado que se encargará de separar los sólidos de los líquidos para así obtener el concentrado final.

El espesador de relaves procesará las colas con el fin de recuperar agua de proceso y finalmente los relaves son enviados a la relavera por medio de unas bombas.

**Figura 17**

*Diagrama de flujo general*



*Fuente: Elaboración propia*

### **5.1.2 Diagrama de flujo de procesos del chancado**

El mineral de mina (ROM) se transporta en camiones desde la mina a tajo abierto y se deposita directamente en la tolva de alimentación. El material se clasifica mediante un grizzly, con una abertura de 600 mm, de acuerdo con el tamaño alcanzado en la voladura de la mina. El material que pasa se dirige a continuación al alimentador de placas (apron feeder) de velocidad variable, que a su vez alimenta el mineral a una zaranda vibratoria. La fracción fina, de menos de 100 mm, se descarga directamente hacia la faja transportadora de sacrificio, mientras que cualquier material de gran tamaño ocasional se somete a la rotura mediante un rompedor de rocas, antes de ser alimentado a la chancadora primaria, donde se reduce a un tamaño P80 de 150 mm.

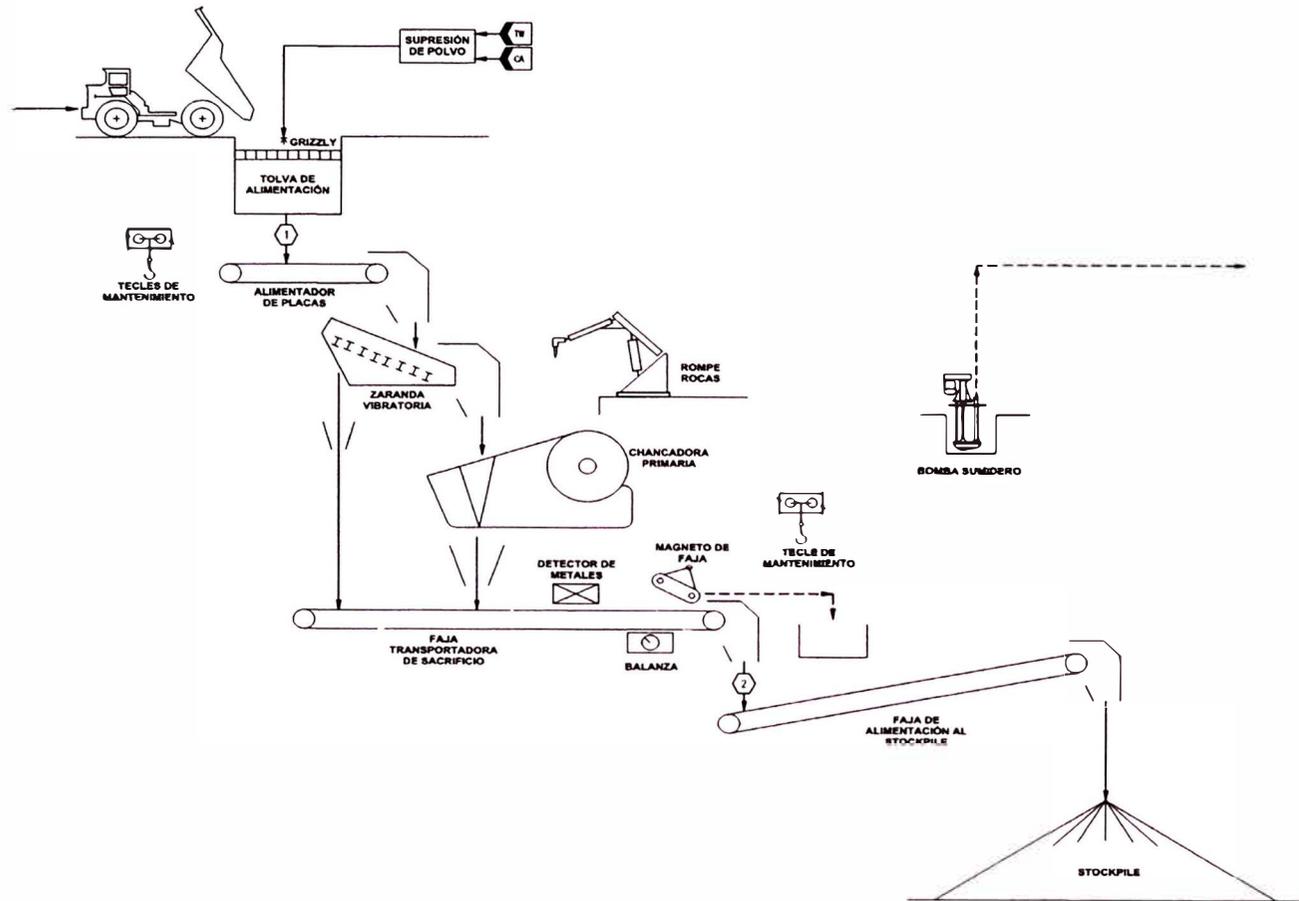
El mineral chancado se descarga en la faja transportadora de sacrificio equipada con un imán de para eliminar el material ferroso vagabundo arrastrado en el mineral antes de que este sea descargado a la faja transportadora de alimentación al stockpile.

El mineral proveniente de la faja de sacrificio es transferido a la faja transportadora de alimentación al stockpile la cual descarga el material al stockpile.

En la figura 18 se presenta el diagrama de flujo del chancado primario.

**Figura 18**

*Diagrama de flujo general*



*Fuente: Elaboración propia*

### 5.1.3 Condiciones del sitio

En la tabla 5 se presenta las condiciones del sitio de la unidad de análisis.

**Tabla 5**

*Condiciones de sitio*

Parámetro	Unidad	Valor
Elevación	m.s.n.m.	100 - 350
Presión atmosférica	atm	0.965
Temperatura promedio	°C	25.5 – 27
Temperatura mínima	°C	20
Temperatura máxima	°C	36
Humedad relativa promedio	%	10
Velocidad del viento	m/s	0.5 – 2.1
Tipo de ambiente	-	Lluvioso y polvoriento
Precipitación promedio	mm / año	2 850
Nieve	Sí / No	No

Fuente: *Elaboración propia*

### 5.1.4 Características del material

En la tabla 6 se presentan las características del material procedente de mina.

**Tabla 6**

*Características del material a procesar procedente de mina*

Parámetro	Unidad	Valor
Tipo de material	-	Mineral ROM
Gravedad específica de lo sólidos	-	2.84
Densidad aparente para cálculo volumétrico	t/m <sup>3</sup>	1.6
Densidad aparente para cálculo de potencia	t/m <sup>3</sup>	1.8
Porcentaje de sólidos	%	97
Tamaño máximo de material F100	mm	600
Tamaño F80	mm	300

Fuente: *Elaboración propia*

En la tabla 7 se presentan las características del material chancado.

**Tabla 7**

*Características del material chancado*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
<b>Tipo de material</b>	-	Mineral chancado
<b>Gravedad específica de lo sólidos</b>	-	2.84
<b>Densidad aparente para cálculo volumétrico</b>	t/m <sup>3</sup>	1.6
<b>Densidad aparente para cálculo de potencia</b>	t/m <sup>3</sup>	1.8
<b>Porcentaje de sólidos</b>	%	97
<b>Tamaño máximo de material P100</b>	mm	300
<b>Tamaño P80</b>	mm	150

*Fuente: Elaboración propia*

#### **5.1.5 Ubicaciones de la planta de chancado para el análisis de la investigación**

La investigación basó su análisis en el costo de capital obtenido de los diseños desarrollados para dos ubicaciones propuestas de la planta de chancado y todos los equipos asociados incluyendo la faja de sacrificio y la faja de alimentación al stockpile. Se tiene como premisa principal que la ubicación del stockpile se mantiene para ambos casos por lo que la variación del diseño más significativa fue el recorrido de faja para ambos casos. Nos referiremos a las dos ubicaciones como ubicación A y ubicación B respectivamente.

##### **5.1.5.1 Ubicación A**

La planta de chancado es ubicada en la zona sureste de la propiedad, esta ubicación es estratégica debido a su cercanía con el truck shop y la mina, además permite optimizar el movimiento de los camiones que transitarán durante la operación.

En la figura 19 se presenta la ubicación A de la planta de chancado.

Figura 19

Ubicación de planta de chancado



Fuente: Elaboración propia

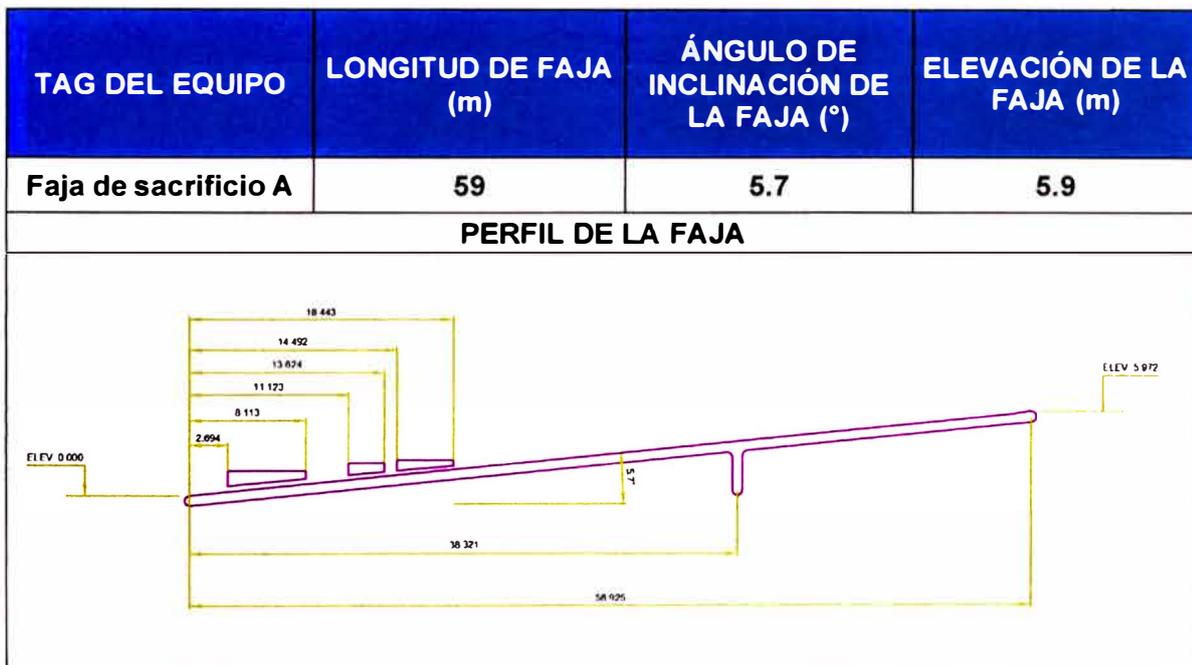
Con esta ubicación se obtuvo las características de la faja de sacrificio y la faja de alimentación al stockpile utilizando el anexo 1 y 2.

La faja de sacrificio A fue ubicada debajo de las descargas provenientes de la estación de chancado y se encarga de transportar y transferir el material hacia faja de alimentación al stockpile A, la transferencia se da en un ángulo de aproximadamente 120° y presenta una pendiente de 5.7° que permite la instalación del tensor de faja y la circulación de vehículos livianos hacia la estación de chancado.

En la tabla 8 se presenta las características principales y el perfil obtenido de la faja de sacrificio A.

**Tabla 8**

*Características de la faja de sacrificio A*



Fuente: *Elaboración propia*

La faja de alimentación al stockpile fue ubicada debajo de la descarga de la faja de sacrificio A y se encarga de transportar el material hacia el stockpile. Debido a la lejanía con el stockpile y a las características del terreno, la faja presenta tres pendientes en su recorrido. Así mismo, presenta un radio convexo y un radio cóncavo.

En la tabla 9 se presenta las características principales y el perfil obtenido de la faja de alimentación al stockpile A.

**Tabla 9**

*Características de la faja alimentación al stockpile A*

TAG DEL EQUIPO	LONGITUD DE FAJA (m)	ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LA FAJA (°)	ELEVACIÓN DE LA FAJA (m)
Faja de alimentación al stockpile - A	716.9	5 / 5.7 / 14	81
<b>PERFIL DE LA FAJA</b>			

*Fuente: Elaboración propia*

### **5.1.5.2 Ubicación B**

La planta de chancado fue ubicada en la zona central de la propiedad, esta ubicación es estratégica debido a su cercanía al stockpile lo que reduce la distancia necesaria para el transporte de material desde la planta del chancado hacia el stockpile.

En la figura 20 se presenta la ubicación A de la planta de chancado.

Figura 20

Ubicación B de la planta de chancado



Fuente: Elaboración propia

Con esta ubicación obtenemos las características de la faja de sacrificio y la faja de alimentación al stockpile utilizando el anexo 3 y 4.

La faja de sacrificio B fue ubicada también debajo de las descargas provenientes de la estación de chancado y posee similares características que la faja en la ubicación A, sin embargo, para este caso la transferencia con la faja de alimentación al stockpile B es de 0° (continua).

En la tabla 10 se presenta las características principales y el perfil obtenido de la faja de sacrificio B.

**Tabla 10**

*Características de la faja de sacrificio B*

TAG DEL EQUIPO	LONGITUD DE FAJA (m)	ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LA FAJA (°)	ELEVACIÓN DE LA FAJA (m)
Faja de sacrificio B	59	5.7	5.9
<b>PERFIL DE LA FAJA</b>			

Fuente: *Elaboración propia*

La faja de alimentación al stockpile fue ubicada debajo de la descarga de la faja de sacrificio B tiene la misma función que la faja de la ubicación A. En este caso, debido a la cercanía de la faja al stockpile la faja solo posee una pendiente y un radio convexo.

En la tabla 11 se presenta las características principales y el perfil obtenido de la faja de alimentación al stockpile B.

**Tabla 11**

*Características de la faja alimentación al stockpile B*

TAG DEL EQUIPO	LONGITUD DE FAJA (m)	ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LA FAJA (°)	ELEVACIÓN DE LA FAJA (m)
Faja de alimentación al stockpile - B	293.28	14.5	60.81
<b>PERFIL DE LA FAJA</b>			

*Fuente: Elaboración propia*

## 5.2 Diseño de la planta de chancado para las ubicaciones A y B

Por las características del terreno en las ubicaciones A y B, la planta de chancado mantuvo su configuración para ambos casos, esto quiere decir que la selección de los equipos será la misma.

### 5.2.1 Consideraciones de diseño para la planta de chancado

En la tabla 12 se presentan las consideraciones del diseño para el diseño de la planta de chancado teniendo en consideración lo planteado en el diagrama de procesos del chancado presentado en la figura 18

**Tabla 12**

*Consideraciones de diseño para la planta de chancado*

Descripción	Unidad	Nominal	Diseño
<b>Material de alimentación</b>	<b>100 % Mineral del tajo.</b>		
Alimentación diaria promedio	t/d	16,000	18,400
Porcentaje de operación	%	70	
Factor de diseño	u	1.0	1.15
Capacidad	t/h	952	1,095
PSD del mineral ROM			
F100	mm	600	
F80	mm	300	
D50	mm	140	
Gravedad específica de sólidos	g/cm <sup>3</sup>	2.84	
Humedad típica del mineral	% w/w	3	5
Índice de trabajo de chancado	kWh/t	13.6	
Índice de abrasión (Ai)	g	0.066	
Producto P80	mm	150	
Producto P50	mm	85	
Producto P20	mm	25.4	
Tipo de chancadora	-	Mandíbula – Palanca de giro simple	
Capacidad de la tolva de alimentación	u	1 camión	
Capacidad del camión	t	90	
Grizzly sobre la tolva de alimentación	Sí / No	Sí	
Rompe rocas	Sí / No	Sí	
Supresión de polvo	Sí / No	Sí	

Fuente: *Elaboración propia*

## **5.2.2 Selección de equipos para la planta de chancado**

La selección de cada equipo fue basada en las consideraciones y capacidades mencionadas en el punto 5.2.1 y el diagrama de procesos mostrado en la figura 5.2 teniendo en cuenta que el objetivo de esta selección es obtener un listado de equipos con las características principales con el fin de obtener el costo de capital en un nivel de factibilidad.

**5.2.2.1 Grizzly y tolva de alimentación.** La tolva de alimentación tiene una capacidad de 90 toneladas vivas que equivale a la capacidad de descarga de un camión, la capacidad total de la tolva se calculó teniendo en cuenta que la capacidad viva será aproximadamente un 30 % - 35 % de la capacidad total.

$$\frac{\text{Capacidad viva}}{\text{Capacidad total}} \times 100 = 30 \% - 35 \%$$

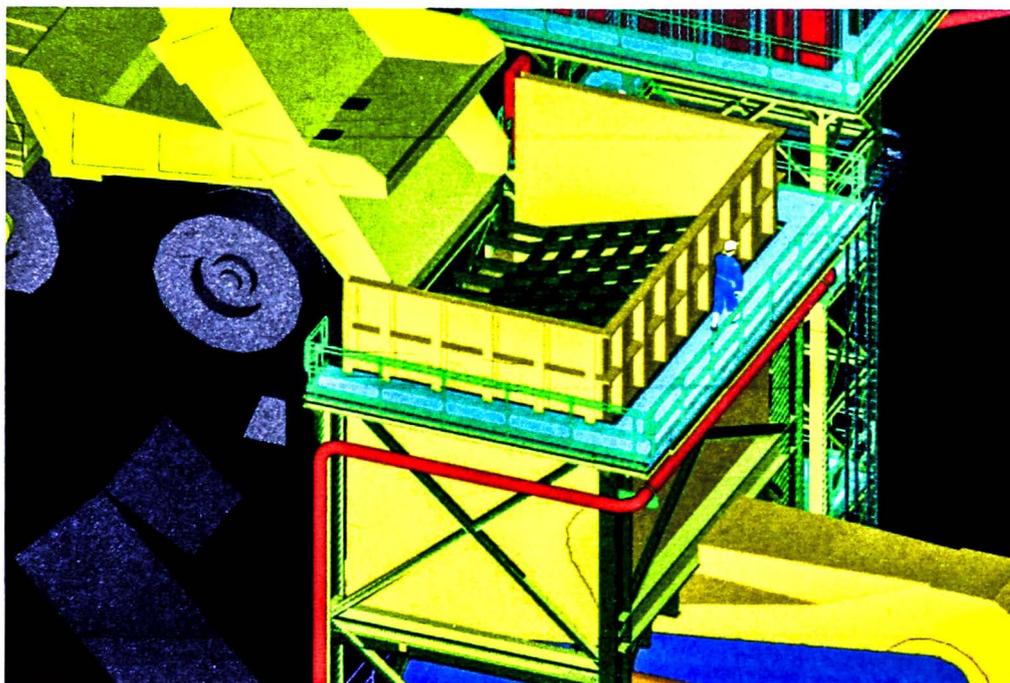
De la ecuación se obtuvo que la capacidad total debe estar entre el rango de 257 toneladas a 300 toneladas, según los espacios disponibles y al tamaño de los volquetes se dimensionó la tolva de alimentación: L=5 m x A=7.7 m x H=7.3 m, debido al tipo de operación y con el objetivo de evitar un desgaste prematuro se consideró un revestimiento interno de HBN.

Por otro lado, el grizzly se ubicará en la parte superior de la tolva de alimentación con el objetivo de clasificar el material proveniente de los camiones antes de ingreso a la chancadora. El grizzly es estático y se dimensionó según las medidas que fueron obtenidas para la tolva de alimentación, las medidas son: L=6 m x A=7.5 m.

En la figura 21 presentamos la disposición final de la tolva de alimentación y grizzly.

**Figura 21**

*Grizzly y tolva de alimentación*



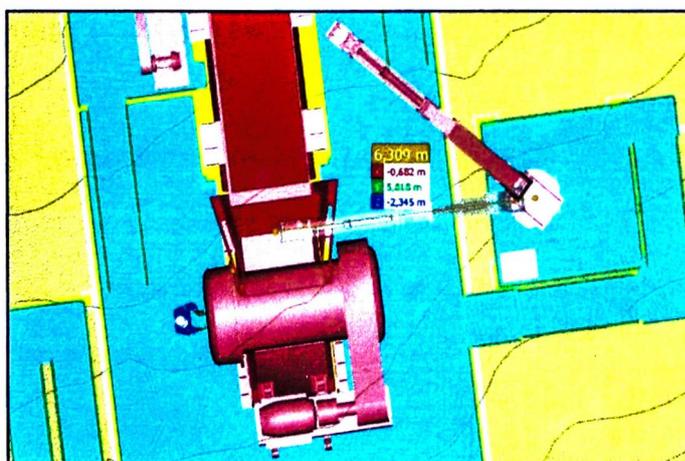
*Fuente: Elaboración propia*

**5.2.2.2 Rompe rocas.** La selección del rompe rocas fue realizada teniendo en cuenta los alcances necesarios para que el equipo opere sobre la alimentación de la chancadora y también según el tipo de chancadora y capacidad de producción.

En la figura 22 se presenta el alcance horizontal del romper rocas.

**Figura 22**

*Alcance horizontal del rompe rocas*

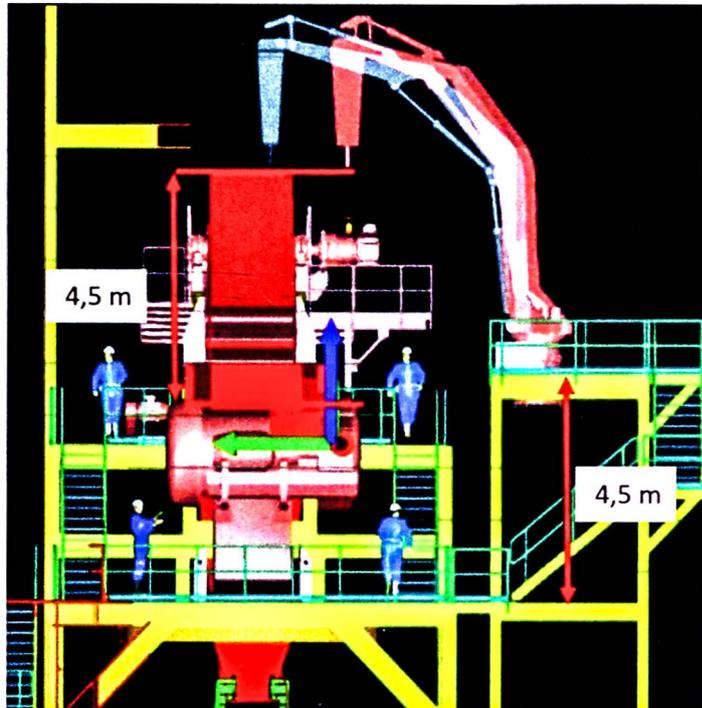


*Fuente: Elaboración propia*

En la figura 23 se presenta el alcance vertical del rompe rocas.

**Figura 23**

*Alcance vertical del rompe rocas*



*Fuente: Elaboración propia*

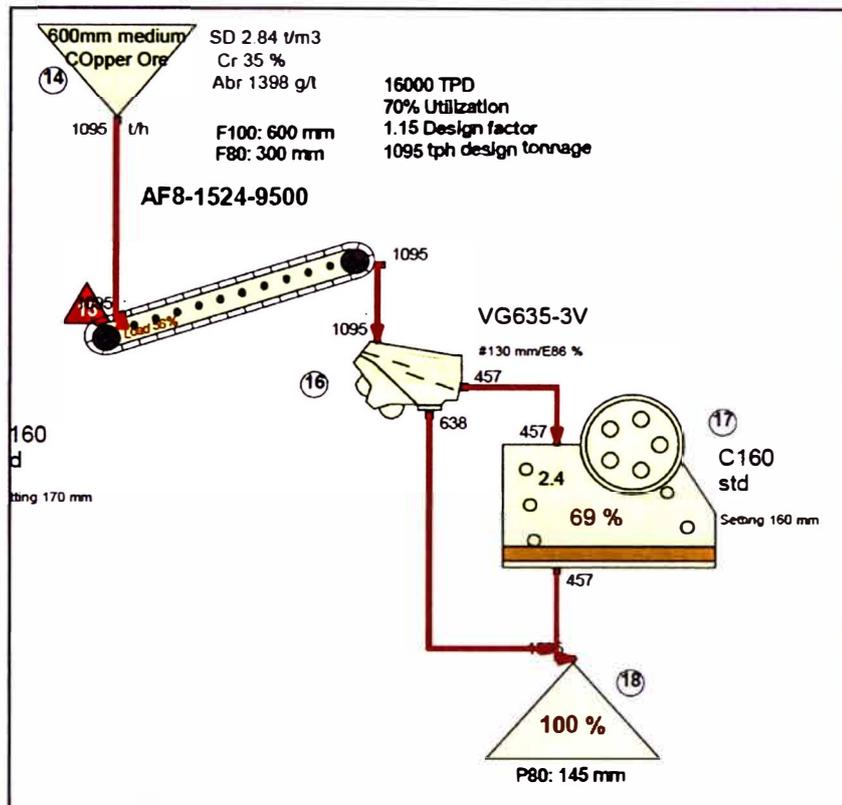
**5.2.2.3 Alimentador de placas – zaranda vibratoria – chancadora de mandíbula.** Los equipos principales que conforman la planta de chancado fueron seleccionados según las capacidades de procesamiento y las características del material a procesar. Los diseños de estos equipos tuvieron que ser corroborados por los vendedores especializados ya que estos poseen el conocimiento especializado y la experiencia necesaria.

Por lo que fue necesario realizar una simulación con los vendedores para poder seleccionar los equipos principales de la estación de chancado.

En la figura 24 se presenta la simulación realizada por uno de los vendedores donde se seleccionan los equipos principales.

**Figura 24**

*Simulación de equipos para el chancado realizada por el vendor*



*Fuente: Elaboración propia*

De esta simulación se seleccionan los siguientes equipos:

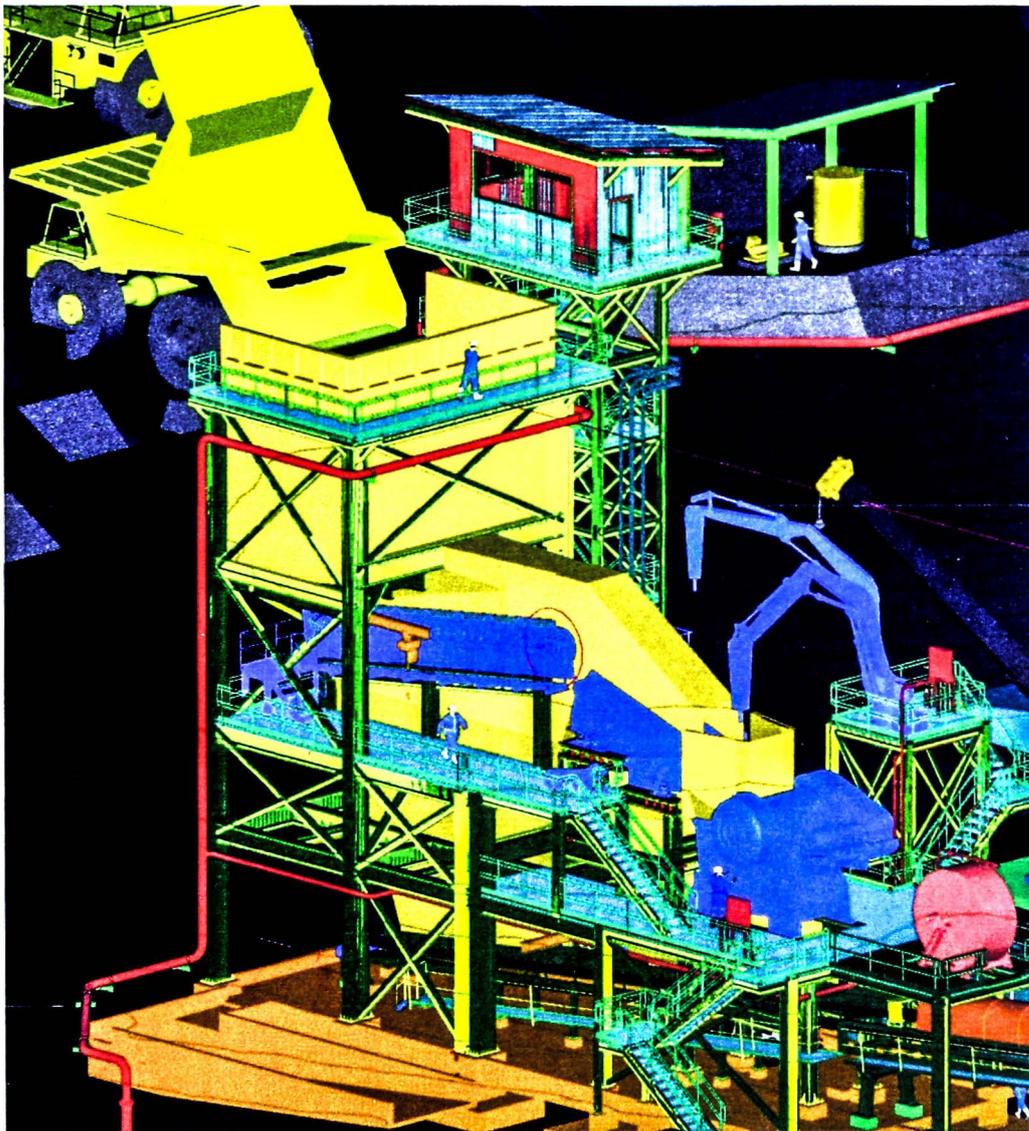
- Chancadora de tipo quijada con una abertura de alimentación de 1194 mm x 1600 mm y una potencia de 250 kW.
- Alimentador de placas de 60 pulgadas de ancho y 9.5 m de largo, un ángulo de 8° con accionamiento eléctrico y una potencia de 75 kW.
- Zaranda vibratoria con un tamaño de corte de 150 mm y una potencia de 30 kW.

**5.2.2.3 Equipos auxiliares.** Para evitar la generación del polvo en la descarga de camiones se considera un sistema de supresión de polvo de tipo spray, adicionalmente se cuenta con dos teclas eléctricas de 5 t de capacidad para realizar las maniobras de mantenimiento al alimentador de placas y la polea de cola de la faja de sacrificio.

Finalmente, con la selección de equipos obtenida se presenta en la figura 25 el diseño final de la planta de chancado.

**Figura 25**

*Diseño final de la planta de chancado*



*Fuente: Elaboración propia*

### 5.3 Diseño de las fajas transportadoras para las ubicaciones A y B

#### 5.3.1 Consideraciones generales de diseño para el cálculo de las fajas

Debido a que las características y capacidades del material que es transportado por las fajas transportadoras es el mismo, el cálculo fue realizado con los mismos datos de entrada.

En la tabla 13 se presentan las características del material para el cálculo de las fajas transportadoras.

**Tabla 13**

*Características del material para el cálculo de fajas transportadoras*

Descripción	Mineral grueso
Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )	1,600
Contenido de humedad (%)	3 - 5
Ángulo de reposo	20°
Tamaño máximo del material (mm)	300

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 14 se presentan las capacidades requeridas para la faja de sacrificio y la faja de alimentación al stockpile.

**Tabla 14**

*Capacidades requeridas para las fajas transportadoras*

TAG	Material transportado	Capacidad nominal (húmeda) (t/h)	Capacidad de diseño (húmeda) (t/h)
Faja de sacrificio A / B	Mineral grueso de la descarga de la chancadora	1,081	1,153
Faja de alimentación al stockpile A / B	Mineral grueso de la descarga de la faja de sacrificio	1,081	1,153

*Fuente: Elaboración propia*

A continuación, se presenta los criterios de diseño para las fajas transportadoras:

- Temperatura ambiental
  - Temperatura ambiental máxima: +36 °C
  - Temperatura ambiental mínima: +20 °C
- Carga seccional
  - Carga seccional máxima (CEMA): 80 %
- Velocidad de la faja
  - Rango de velocidad: 2.5 m/s – 4 m/s
- Faja
  - Tipo: Refuerzo textil / cable de acero
  - Número de pliegues: 3 – 5
  - Factor de seguridad operacional: 10 (mínimo)
  - Factor de seguridad transitorio: 8 (mínimo)
  - Deflexión máxima permisible: 2.0 % (carga) y 3.0 % (retorno)
- Recubrimiento de las poleas
  - Poleas de transmisión: 10 mm, dureza 55 – 65 shore A
  - Otras poleas: 10 mm, dureza 45 – 55 shore A
- Ejes
  - Material: SAE 1045
  - Deflexión máxima: 0.0015 rad (5.15 mínimo)
- Tensor de faja
  - Tipo: Gravedad / Winche
- Vida útil mínima del rodamiento L10 (h)
  - Poleas: 80 000
  - Polines: 60 000
- Coeficiente de fricción
  - Operación y transitorio: 0.35

- Potencia requerida
  - La potencia requerida para el funcionamiento de las fajas transportadoras será como máximo del 90% de la potencia nominal del motor seleccionado.
- Se consideran arranques directos y VFD en función de la longitud y las características de los perfiles de las fajas.
- Consideraciones de fricción

Las fajas transportadoras se analizan considerando los siguientes casos:

- Faja vacía
- Faja completamente cargada a la capacidad de diseño
  - Fricción normal
  - Fricción alta
  - Fricción baja
- Condición de chute atorado

### **5.3.2 Cálculo de las fajas transportadoras para la ubicación A y B**

El objetivo del cálculo fue estimar la potencia y las características principales de las fajas transportadoras para manejar el mineral grueso desde la planta de chancado hacia el stockpile en un nivel de factibilidad para obtener el costo de capital.

El cálculo de la faja de sacrificio y la faja de alimentación al stockpile se ha realizado en conformidad con la norma CEMA 7ª edición utilizando el software SIDEWINDER v9.33 de AcTek (Advanced Conveyor Technologies).

Los datos de entrada al software son los presentados en las tablas 5.5, 5.6, 5.7 y 5.8 y consideraciones de diseño presentadas en el punto 5.3.1.

Los reportes generados para las fajas transportadoras se presentan en los anexos 5, 6, 7 y 8.



**5.3.2.2 Cálculo de la de alimentación al stockpile A.** En el caso de la faja de alimentación al stockpile A, durante el cálculo se consideró una velocidad mayor con el objetivo de mantener las curvas y aleteos de la faja en rangos permisibles; el tensor será de tipo gravedad. Así mismo, las curvas propuestas cumplen con el perfil indicado, en la figura 27 se presenta el cálculo realizado en el software.

**Figura 27**

*Cálculo de la faja de alimentación al stockpile A*

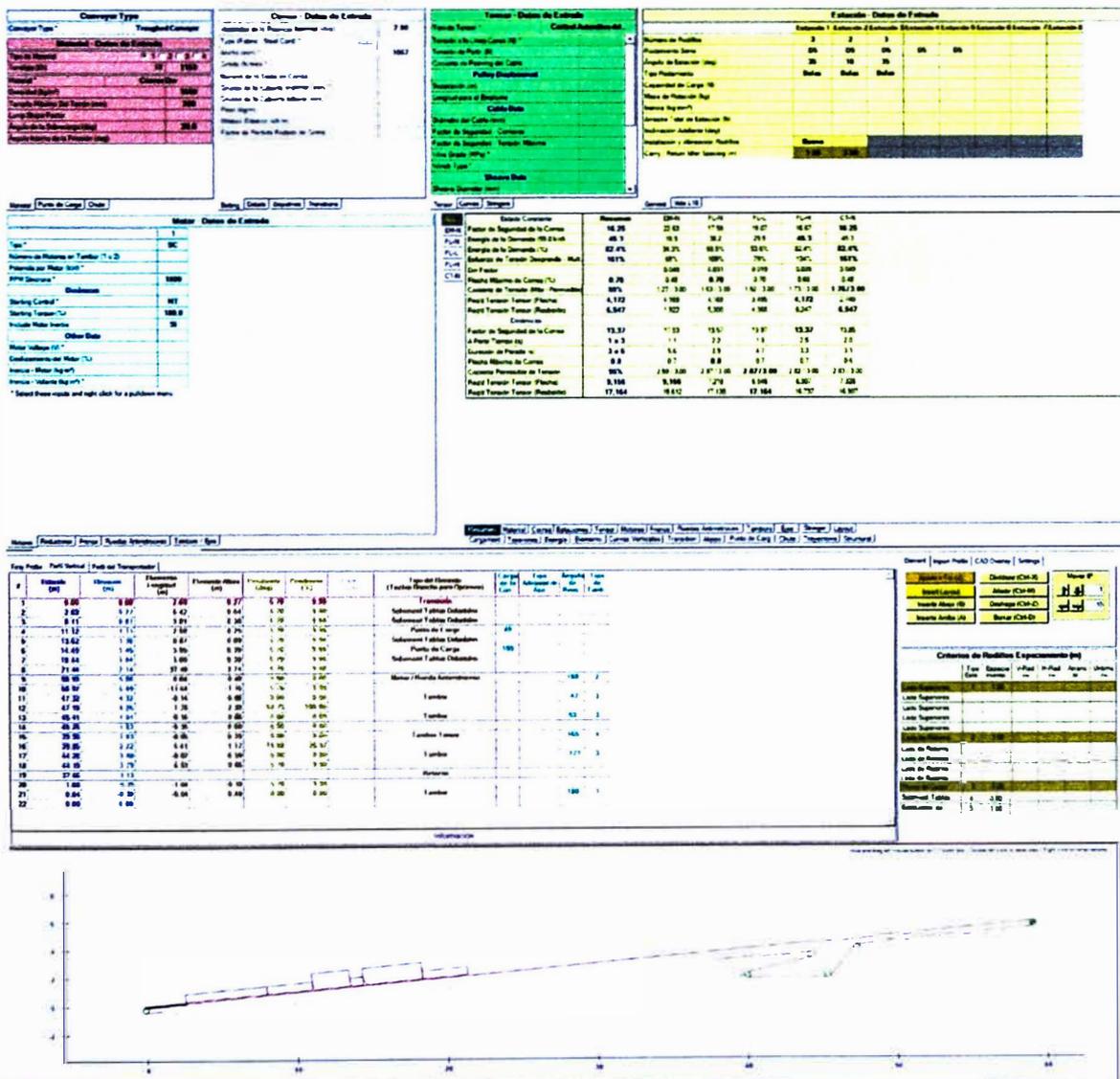


Fuente: Elaboración propia

**5.3.2.1 Cálculo de la faja de sacrificio B.** En el caso de la faja de sacrificio B fue similar a la faja de sacrificio A, durante el cálculo se consideró una velocidad menor a la velocidad que tendría la faja de alimentación al stockpile, así mismo por temas de espacio en vez de un tensor de tipo gravitacional se consideró un tensor de tipo winche. En la figura 28 se presenta el cálculo realizado en el software.

**Figura 28**

*Cálculo de la faja de sacrificio B*



Fuente: Elaboración propia



En la tabla 15 se presenta un cuadro resumen con los resultados obtenido del cálculo de las fajas.

**Tabla 15**

*Resultados del cálculo de fajas usando el software SIDEWINDER*

TAG	Material transportado	Ancho (mm)	Capacidad de diseño (t/h)	Velocidad (m/s)	Área C.S. (%)	Rating de la faja (N/mm) / N° de pliegues	Tipo de arranque	Potencia (kW)
Faja de sacrificio A	Mineral grueso de la descarga de la chancadora	1067 (42")	1,153	2.8	56	EP500 / 3	Direct	55
Faja de alimentación al stockpile A	Mineral guerso de la descarga de la faja de sacrificio	1067 (42")	1,153	3.6	44	ST800	VFD	560
Faja de sacrificio B	Mineral grueso de la descarga de la chancadora	1067 (42")	1,153	2.8	56	EP500 / 3	Direct	22
Faja de alimentación al stockpile B	Mineral guerso de la descarga de la faja de sacrificio	1067 (42")	1,153	3.6	44	ST1600	VFD	355

*Fuente: Elaboración propia*

### **5.3.3 Equipamiento auxiliar para las fajas transportadoras**

Cada faja de sacrificio cuenta con una balanza un detector de metales y un magneto con la finalidad de evitar que el material no deseado entre en el proceso.

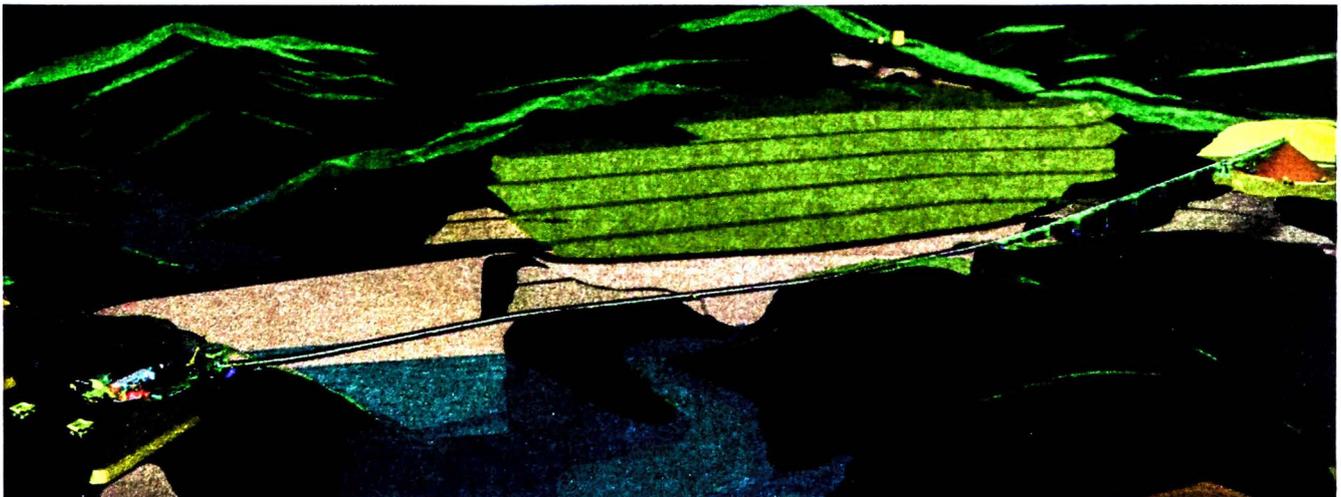
Adicionalmente se cuenta con un tecele eléctrico de 2.5 t que ayudará con el mantenimiento de la polea de cabeza de la faja de alimentación al stockpile.

### **5.3.4 Diseño final de las fajas transportadoras**

Con los cálculos obtenidos por el software se presenta en la figura 30 el diseño final de las fajas transportadoras para la ubicación A.

#### **Figura 30**

*Diseño de las fajas transportadoras para la ubicación A*

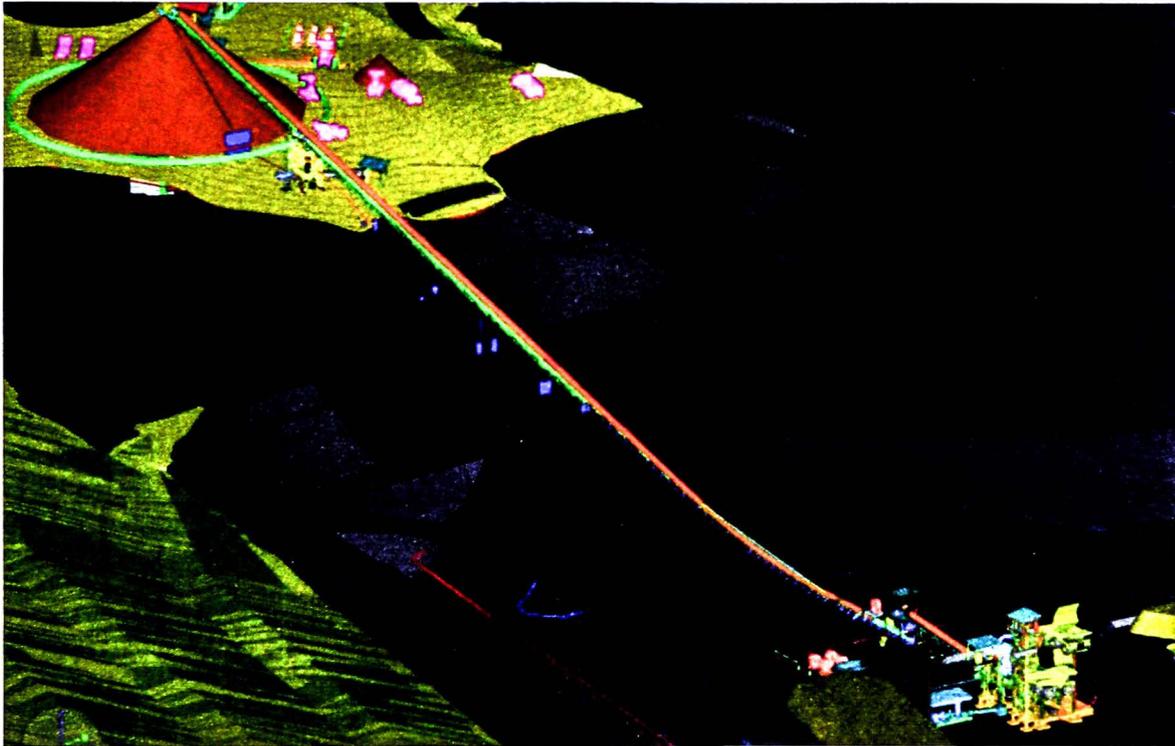


*Fuente: Elaboración propia*

Finalmente, se presenta en la figura 31 el diseño final de las fajas transportadoras para la ubicación B.

**Figura 31**

*Diseño de las fajas transportadoras para la ubicación B*



*Fuente: Elaboración propia*

## 5.4 Listado de equipos final para las ubicaciones A y B

### 5.4.1 Listado de equipos para la ubicación A

Con el fin de determinar el costo de capital para la ubicación A, se elabora el listado de equipo que conforman el diseño.

La tabla 16 presenta el listado de equipos y sus características principales para la ubicación A.

**Tabla 16**

*Listado de equipos para la ubicación A*

Descripción	Capacidad	Unidad	Características	Potencia (kW)
Romperocas	-	-	Alcance horizontal: 7-8 m	75.00
Grizzly	-	-	L=6 m x w=7,5 m	-
Tolva de alimentación	90.00	t (total)	L=5 m x w=7,7 m x H=7,3 m	-
Alimentador de placas	1,231.00	t/h	w=60", L=8.8m, inclinación=8°	75.00
Zaranda vibratoria	1,153.00	t/h	2.8m x 6.2m x 4.2m	30.00
Chancadora de quijada	1,231.00	t/h	Abertura de alimentación de 1194 mm x 1600 mm	250.00
Sistema de supresión de polvo	-	-	Tipo spray	7.50
Tecla N° 1	5.00	t	-	11.60
Tecla N° 2	5.00	t	-	11.60
Faja de sacrificio	1,153.00	t/h	w=42" Ltot=59 m Htot=6 m, inclinación=5,7°	55.00
Balanza de faja de sacrificio	-	-	-	0.10
Detector de metales de faja de sacrificio	-	-	-	-
Magneto de faja de sacrificio	-	-	l=1.1m, w=0.95m, h=0.425m	10.30
Faja de alimentación al stockpile	1,153.00	t/h	w=42" Ltot=293 m Htot=81 m Inclinación=(5.7° /14°)	560.00
Tecla N° 3	2.50	t	-	7.50

Fuente: *Elaboración propia*

#### 5.4.2 Listado de equipos para la ubicación B

Con el fin de determinar el costo de capital para la ubicación B, se elabora el listado de equipo que conforman el diseño.

La tabla 17 presenta el listado de equipos y sus características principales para la ubicación B.

**Tabla 17**

*Listado de equipos para la ubicación B*

Descripción	Capacidad	Unidad	Características	Potencia (kW)
Romperocas	-	-	Alcance horizontal: 7-8 m	75.00
Grizzly	-	-	L=6 m x w=7,5 m	-
Tolva de alimentación	90.00	t (total)	L=5 m x w=7,7 m x H=7,3 m	-
Alimentador de placas	1,231.00	t/h	w=60", L=8.8m, inclinación=8°	75.00
Zaranda vibratoria	1,153.00	t/h	2.8m x 6.2m x 4.2m	30.00
Chancadora de quijada	1,231.00	t/h	Abertura de alimentación de 1194 mm x 1600 mm	250.00
Sistema de supresión de polvo	-	-	Tipo spray	7.50
Tecla N° 1	5.00	t	-	11.60
Tecla N° 2	5.00	t	-	11.60
Faja de sacrificio	1,153.00	t/h	w=42" L <sub>tot</sub> =59 m H <sub>tot</sub> =6 m, inclinación=5,7°	55.00
Balanza de faja de sacrificio	-	-	-	0.10
Detector de metales de faja de sacrificio	-	-	-	-
Magneto de faja de sacrificio	-	-	l=1.1m, w=0.95m, h=0.425m	10.30
Faja de alimentación al stockpile	1,153.00	t/h	w=42", L <sub>tot</sub> =717 m, H <sub>tot</sub> =64 m, Inclinación=(14.5°)	355.00
Tecla N° 3	2.50	t	-	7.50

Fuente: Elaboración propia

## **5.5 Estimación del costo de capital (CAPEX) para las ubicaciones A y B**

### **5.5.1 Consideraciones para la estimación del costo de capital**

Para la estimación del costo de capital se considerarán los siguientes puntos:

- La estimación del costo de capital para los equipos se obtiene a partir de cotizaciones de tipo presupuestarias emitidas por los vendedores con la información del proyecto. Una vez recibidas las cotizaciones, se evalúa técnicamente y se selecciona la mejor alternativa. La información enviada por los vendedores es privada, por lo que solo se colocará el precio obtenido.
- La estimación del costo de capital para los trabajos de adecuación del terreno para el montaje de los equipos incluyendo movimiento de tierras, concreto y estructuras metálicas se basa en los metrados emitidos por la disciplina civil para cada ubicación que se encuentran en el anexo 9 y 10; y se considera un precio promedio para cada ítem.
- La estimación del costo de capital de las disciplinas de instrumentación y electricidad se considera un 40 % del costo total obtenido de los equipos mecánicos.
- La estimación del costo de capital del desarrollo de la ingeniería, procura, construcción y gestión (EPCM) en la siguiente etapa del proyecto, se considera un 15 % del costo total del equipo mecánico.
- La estimación del costo de capital del montaje y puesta en marcha se considera ratios establecidos según los precios obtenidos para los equipos mecánicos.

### 5.5.2 Estimación del costo de capital para la ubicación A

En la tabla 18 se presenta la estimación del costo de capital de la planta de chancado y fajas transportadoras asociadas para la ubicación A.

**Tabla 18**

*Costo de capital estimado para la ubicación A*

Equipo	Costo del equipo (USD)	Costo de electricidad e instrumentación (USD)	Costo del EPCM en la Ingeniería de detalle (USD)	Costo para el montaje (USD)
Romperocas	241,290.00	96,516.00	36,193.50	32,996.49
Grizzly	77,808.00		11,671.20	10,311.40
Tolva de alimentación	846,000.00		126,900.00	92,802.62
Alimentador de placas	597,000.00	238,800.00	89,550.00	74,242.10
Zaranda vibratoria	600,800.00	240,320.00	90,120.00	65,992.98
Chancadora de quijada	660,000.00	264,000.00	99,000.00	82,491.22
Sistema de supresión de polvo	38,587.50	15,435.00	5,788.13	5,155.70
Teclé N° 1	38,887.11	15,554.84	5,833.07	5,155.70
Teclé N° 2	38,887.11	15,554.84	5,833.07	5,155.70
Faja de sacrificio	960,004.06	384,001.62	144,000.61	113,425.43
Balanza de faja de sacrificio	88,376.40	35,350.56	13,256.46	9,280.26
Detector de metales de faja de sacrificio	14,222.25	5,688.90	2,133.34	39,698.90
Magneto de faja de sacrificio	72,256.06	28,902.43	10,838.41	9,280.26
Faja de alimentación al stockpile	4,353,056.82	1,741,222.73	652,958.52	545,679.43
Teclé N° 3	18,438.00	7,375.20	2,765.70	2,680.96
<b>Subtotal</b>	<b>8,645,613.31</b>	<b>3,088,722.12</b>	<b>1,296,842.00</b>	<b>1,094,349.16</b>
<b>Total equipos</b>	<b>14,125,526.59</b>			
Costo trabajos civil chancado (movimiento de tierras, preparación de terreno, concreto y otros) (USD)	4,191,233.64			
Costo trabajos civil para las fajas (movimiento de tierras, preparación de terreno, concreto y otros) (USD)	239,154.15			
<b>Costo civil total (USD)</b>	<b>4,430,387.79</b>			
<b>Costo de capital total (USD)</b>	<b>18,555,914.38</b>			

Fuente: Elaboración propia

### 5.5.3 Estimación del costo de capital para la ubicación B

En la tabla 19 se presenta la estimación del costo de capital de la planta de chancado y fajas transportadoras asociadas para la ubicación B.

**Tabla 19**

*Costo de capital estimado para la ubicación B*

Equipo	Costo del equipo (USD)	Costo de electricidad e instrumentación (USD)	Costo del EPCM en la Ingeniería de detalle (USD)	Costo para el montaje (USD)
Romperocas	241,290.00	96,516.00	36,193.50	32,996.49
Grizzly	77,808.00		11,671.20	10,311.40
Tolva de alimentación	846,000.00		126,900.00	92,802.62
Alimentador de placas	597,000.00	238,800.00	89,550.00	74,242.10
Zaranda vibratoria	600,800.00	240,320.00	90,120.00	65,992.98
Chancadora de quijada	660,000.00	264,000.00	99,000.00	82,491.22
Sistema de supresión de polvo	38,587.50	15,435.00	5,788.13	5,155.70
Tecle N° 1	38,887.11	15,554.84	5,833.07	5,155.70
Tecle N° 2	38,887.11	15,554.84	5,833.07	5,155.70
Faja de sacrificio	960,004.06	384,001.62	144,000.61	113,425.43
Balanza de faja de sacrificio	88,376.40	35,350.56	13,256.46	9,280.26
Detector de metales de faja de sacrificio	14,222.25	5,688.90	2,133.34	39,698.90
Magneto de faja de sacrificio	72,256.06	28,902.43	10,838.41	9,280.26
Faja de alimentación al stockpile	2,766,113.38	1,106,445.35	414,917.01	433,078.91
Tecle N° 3	18,438.00	7,375.20	2,765.70	2,680.96
<b>Subtotal</b>	<b>7,058,669.87</b>	<b>2,453,944.75</b>	<b>1,058,800.48</b>	<b>981,748.65</b>
<b>Total final</b>	<b>11,553,163.75</b>			
Costo trabajos civil chancado (movimiento de tierras, preparación de terreno, concreto y otros) (USD)	4,223,989.01			
Costo trabajos civil para las fajas (movimiento de tierras, preparación de terreno, concreto y otros) (USD)	193,404.49			
<b>Costo civil total</b>	<b>4,417,393.50</b>			
<b>Costo de capital total</b>	<b>15,970,557.25</b>			

*Fuente: Elaboración propia*

## **Capítulo VI. Análisis y discusión de resultados**

### **6.1 Análisis de resultados**

A continuación, se analizan los resultados obtenidos en el capítulo V y su implicancia y relación con el objetivo de la investigación. Los puntos principales por interpretar para cada ubicación son los diseños de la planta de chancado obtenidos, los diseños de fajas, los costos obtenidos para los trabajos civiles y el costo de capital total estimado.

#### **6.1.1 *Diseño de la planta de chancado***

De la selección de equipos realizada para la ubicación A y ubicación B se obtuvo que los diseños son similares, esto se debe a que las características del terreno de las ubicaciones A y B no presentan una diferencia significativa, por lo que es conveniente mantener el mismo diseño ajustando detalles de acuerdo con cada terreno. Así mismo, la similitud entre ambos diseños ayudó con la estimación del costo de capital para cada ubicación ya que para este nivel de detalle en una etapa de factibilidad se consideraron lo mismo.

#### **6.1.2 *Diseño de las fajas transportadoras***

Del diseño y cálculo de las fajas transportadoras realizadas para la ubicación A y la ubicación B en función a la ubicación de la planta de chancado se obtuvo que las características principales como la velocidad, ancho, porcentaje de carga y tipo de arranque son similares mientras que la potencia y el rating de la faja son distintos.

Para el caso de la faja de sacrificio, en ambos casos es similar el diseño y las características principales; esto se debe son fajas de corto recorrido que son usadas principalmente para aliviar la carga de la faja de alimentación al stockpile (faja principal) previniendo que está presente fallas en su funcionamiento.

Ambas fajas presentan un ancho de 48 pulgadas, una velocidad de 2,8 m/s con un porcentaje de carga de 56 %, un rating de faja de EP500 con tres pliegues, un arranque directo y una potencia estimada de 55 kW los cuales están dentro de los parámetros de diseño establecidos.

La única diferencia significativa entre ambas fajas es que la transición debido a las ubicaciones de la planta de chancado la transición entre la faja de sacrificio y la faja de alimentación al stockpile tiene un ángulo de 120 ° aproximadamente para la ubicación A mientras que para la ubicación B es 0° (continúa) lo que es técnicamente más aceptable y facilita el diseño de chutes en la transferencia.

Para el caso de la faja de alimentación al stockpile, debido a la diferencia de longitudes entre la faja de la ubicación A y la faja de la ubicación B el rating de la faja y la potencia estimada son valores distintos para cada caso, sin embargo, las características principales como el ancho, la velocidad y el porcentaje de carga se mantienen iguales.

Ambas fajas transportadoras presentan un ancho de 48 pulgadas, una velocidad de 3,6 m/s con un porcentaje de carga de 44 % (menor que las fajas de sacrificio debido al incremento de la velocidad) y un tipo de arranque con variador de potencia los cuales se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

Las diferencias entre ambas fajas transportadoras son: el rating de la faja que para la ubicación A es ST800 mientras que para la ubicación B es ST1600, esto se debe a que por ser de mayor longitud la faja transportadora genera mayores tensiones lo que obliga a incrementar la resistencia del material de la faja incrementa el costo de la ubicación A en comparación a la ubicación B; y la potencia estimada que para la ubicación A es de 355 kW mientras que para la ubicación B es de 560 kW también debido al incremento de tensiones y rating de la faja lo cual genera que tanto el equipamiento eléctrico como los costos de operación y mantenimiento se incrementen. Así mismo, ambos casos están dentro de los parámetros establecidos.

### **6.1.3 *Análisis de los costos estimados para los trabajos civiles***

De la estimación del costo de capital, los costos para los trabajos civiles estimados para la ubicación A y ubicación B son muy similares, los metrados para cada ubicación se presentan en los anexos 9 y 10. Se observa que a pesar de que la diferencia entre ambos diseños fue la faja de alimentación al stockpile, los metrados civiles para la planta de chancado y las fajas transportadoras se compensan mutuamente para cada caso, es decir, el costo estimado para la planta de chancado el mayor en la ubicación A, mientras que el costo estimado para las fajas transportadoras es mayor en la ubicación B, sin embargo al hacer la suma total se observa que la diferencia entre ambos es solo de aproximadamente 13 mil dólares el cual es insignificante si tomamos en cuenta que el costo total asciende aproximadamente a 4,4 millones de dólares.

### **6.1.4 *Análisis de los costos de capital total obtenidos***

De la estimación del costo de capital total, se obtuvo una diferencia de 2.5 millones de dólares entre la ubicación A y la ubicación B. Se observa que el factor principal que determina esta diferencia es el diseño de la faja de alimentación al stockpile. A manera porcentual la reducción del costo de capital para la ubicación B es del 14 % respecto a la ubicación A.

Debido a la diferencia de distancias se esperaba que el costo estimado para los trabajos civiles presente una diferencia porcentual similar, sin embargo, se observa que la diferencia solo es del 0.3 %.

## **6.2 Contratación de hipótesis**

El diseño propuesto de la planta de chancado para la ubicación B muestra que se reduce la estimación del costo de capital en 2.5 millones de dólares con respecto al diseño propuesto para la ubicación A lo cual representa una reducción porcentual del 14 %.

Por los resultados mencionado se corrobora que la hipótesis es positiva, debido a que el diseño de la planta de chancado para la ubicación B influye positivamente en la reducción del costo de capital en un proyecto en la etapa de factibilidad.

## Conclusiones

- Los diseños de la planta de chancado y la faja de sacrificio para la ubicación A y ubicación B son muy similares debido a las características del terreno por lo que la estimación del costo de capital de estos equipos en ambos casos es la misma.
- Los diseños de la faja de alimentación al stockpile para la ubicación A y B son la principal diferencia en la estimación del costo de capital, debido a la diferencia de distancias y elevaciones entre las ubicaciones A y B.
- A pesar de ser la principal diferencia, las características como la velocidad, porcentaje de carga y tipo de arranque de las fajas de alimentación al stockpile para las ubicaciones A y B son similares.
- La faja de alimentación al stockpile B requiere un rating de faja y potencia eléctrica mayor debido a tener una mayor distancia y elevación ya que esto eleva las tensiones en el sistema.
- La potencia total de la planta y las fajas transportadoras para la ubicación A es de 1 093,6 kW.
- La potencia total de la planta y las fajas transportadoras para la ubicación B es de 888,6 kW.
- El costo total de los trabajos civiles asociados a las ubicaciones A y B son muy similares ya que solo hay una diferencia de 0.3 %.
- La reducción del 14 % costo de capital obtenida para la ubicación B respecto a la ubicación A confirma la influencia del diseño y la ubicación de la planta de chancado en la estimación del costo de capital.

## Recomendaciones

- Realizar una estimación del costo operativo (OPEX), para las ubicaciones A y B con la finalidad comparar los costos totales del proyecto durante el tiempo de vida del proyecto.
- Realizar la documentación necesaria para obtener cotizaciones a firme de los distintos equipos mecánicos que conforman la planta de chancado con el fin de obtener costos más exactos; y realizar las evaluaciones técnicas teniendo en cuenta los espacios y diseños propuestos para cada ubicación.
- Determinar las características técnicas del equipamiento eléctrico y de instrumentación asociados a los equipos mecánicos con la finalidad de hacer una mejor estimación del costo de capital.
- Obtener cotizaciones a firme de los trabajos de montaje con la finalidad de obtener costos más exactos.

## Referencias bibliográficas

- Agüero Prado, E. M. (2018). Análisis del sobrecosto de CAPEX entre el estudio de factibilidad y construcción de proyectos mineros y su comparación con proyectos de infraestructura y proyectos de petróleo y gas entre los años 2006-2016. *Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/151581>.*
- Arnao, J. (2019). Análisis y diseño de faja transportadora curva convencional localizada en planta concentradora.
- CEMA. (2014). *Belt Conveyors for Bulk Materials Seventh Edition*. The Conveyor Equipment Manufacturers Association.
- Dominicana, G. (2016). Estudio técnico económico proyecto minero Romero.
- Gupta, A., & Yan, D. (2016). *Mineral Processing Design and Operations - An Introduction*. Elsevier.
- Hamidreza, N., & Morteza, O. (2019). Mining capital cost estimation using Support Vector Regression (SVR). *Resources policy*, 62, 527-540.
- Haubrich, C. (2014). Why Building a Mine on Budget is Rare. *CIM MES Toronto*.
- Heredia Aricapa, Y. E., & Zapata Quintero, W. A. (2015). Estudio para el montaje y puesta en marcha de una planta para el beneficio del mineral de oro en la zona de reserva especial minera del Municipio de Quinchía Risaralda.
- Hickson, R. J., & Owen, T. L. (2015). *Project Management for Mining - Handbook for Delivering Project Success*. The Society for Mining, Metallurgy & Exploration.

- Hongshuo Gong, M., Tabesh, A., Afrapoli, M., & Askari-Nasab, H. (2022). Near-face stockpile open pit mining: a method to enhance NPV and quality of the plant throughput. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 37:3, 200-215.
- Infante, J., & Valdivia, G. (2020). Análisis comparativo del uso de fajas transportadoras y camiones para el acarreo aplicando costos unitarios en una empresa minera a tajo abierto en Cajamarca. [Tesis, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/23845>.
- Johansson, M. (2019). Efficient Modeling and Control of Crushing Processes in Minerals Processing.
- Karl Veliz, S. (2020). *Fases del proyecto*. Arica - Chile: Edición Propia.
- Meiggs, M. (2014). Construcción de planta de chancado Jessica - Unidad Minera Arasi. [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Ricardo Palma]. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/414>.
- Mohutsiwa, M., & Musingwini, C. (2015). Parametric estimation of capital costs for establishing a coal mine: South Africa case study. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 115(8), 789-797.
- Ozdemir, B., & Kumral, M. (2019). A system-wide approach to minimize the operational cost of bench production in open-cast mining operations. *Int J Coal Sci Technol* 6, 84–94 (2019).

- Paricheh, M., Osanloo, M., & Rahmanpour, M. (2017). In-pit crusher location as a dynamic location problem. . *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 117(6), 599-607. <https://dx.doi.org/10.17159/2411-9717/2017/v117n6a11>.
- Roumpos, C., Partsinevelos, P., Agioutantis, Z., Makantasis, K., & Vlachou, A. (2014). The optimal location of the distribution point of the belt conveyor system in continuous surface mining operations. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 47, 1.
- Scott, J., & Johnston, B. (2002). *Guidelines to Feasibility Studies*.
- Socias Salas, N. (2017). Propuesta de mejora para el desarrollo de ingeniería pre-inversional de un proyecto minero utilizando el enfoque lean management. . Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/145337>.
- TELESMITH. (2011). *Mineral Processing Handbook*.
- Vargas Juarez, B. J. (2019). Optimización de la productividad de acarreo de desmonte mediante implementación de fajas transportadoras y chancadoras utilizando la simulación con el software MineHaul en la compañía minera Antamina S.A. [Tesis, Universidad Nacional de Moquegua]. <http://repositorio.unam.edu.pe/handle/UNAM/104>.
- Youssef, G. (2016). Development of Conveyor Belts Design for Reducing Energy Consumption in Mining Applications. 10.13140/RG.2.2.10755.50724.

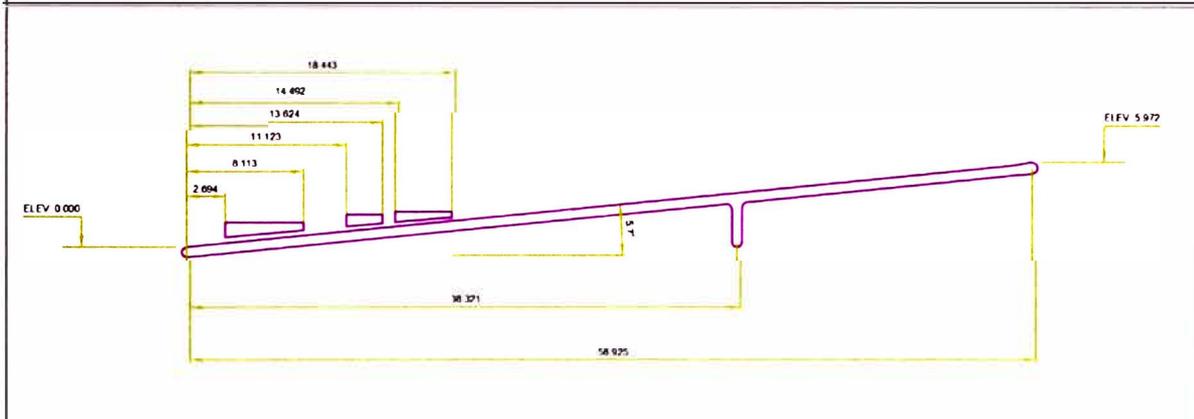
## **Anexos**

Anexo 1. Características de la faja de sacrificio A.....	1
Anexo 2. Características de la faja de alimentación al stockpile A .....	2
Anexo 3. Características de la faja de sacrificio B.....	3
Anexo 4. Características de la faja de alimentación al stockpile B .....	4
Anexo 5. Reporte de cálculo de la faja de sacrificio A.....	5
Anexo 6. Reporte de cálculo de la faja de alimentación al stockpile A .....	11
Anexo 7. Reporte de cálculo de la faja de sacrificio B.....	18
Anexo 8. Reporte de cálculo de la faja de alimentación al stockpile B .....	24
Anexo 9. Metrado civil para la ubicación A.....	30
Anexo 10. Metrado civil para la ubicación B.....	32

## Anexo 1. Características de la faja de sacrificio A

TAG DEL EQUIPO	LONGITUD DE FAJA (m)	ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LA FAJA (°)	ELEVACIÓN DE LA FAJA (m)
Faja de sacrificio A	59	5.7	5.9

PERFIL DE LA FAJA



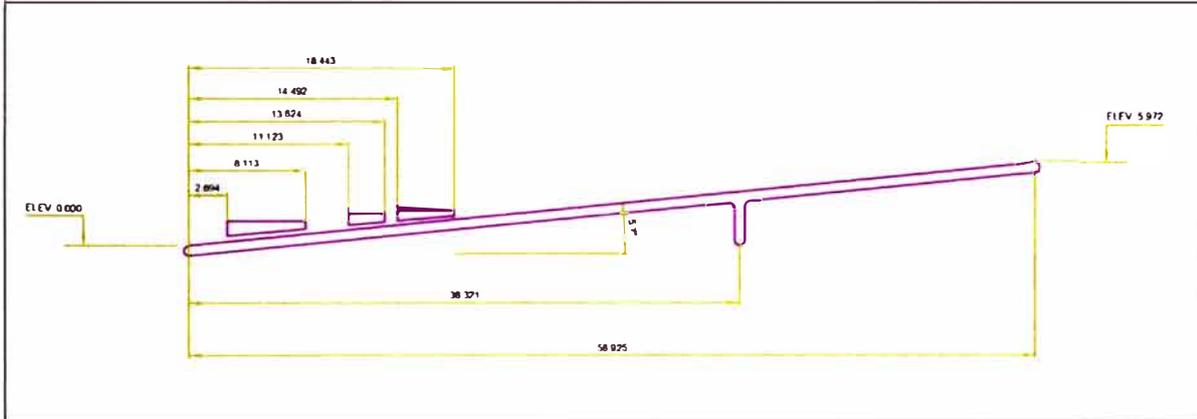
## Anexo 2. Características de la faja de alimentación al stockpile A

TAG DEL EQUIPO	LONGITUD DE FAJA (m)	ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LA FAJA (°)	ELEVACIÓN DE LA FAJA (m)
Faja de alimentación al stockpile - A	716.9	5 / 5.7 / 14	81
<b>PERFIL DE LA FAJA</b>			
<p>The diagram illustrates the profile of the conveyor belt, which is 716.9 meters long. It is divided into several segments with the following lengths: 47.54 m, 114.47 m, 189.33 m, 136.98 m, and 229.58 m. The vertical height of the belt is 81.00 m. The profile shows a series of slopes with angles of 5°, 5.7°, and 14°. A final segment of 45.62 m is shown at the end, with a vertical height of 33.3 m. The drawing also includes various vertical dimension lines and a horizontal reference line.</p>			

### Anexo 3. Características de la faja de sacrificio B

TAG DEL EQUIPO	LONGITUD DE FAJA (m)	ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LA FAJA (°)	ELEVACIÓN DE LA FAJA (m)
Faja de sacrificio B	59	5.7	5.9

PERFIL DE LA FAJA



## Anexo 4. Características de la faja de alimentación al stockpile B

TAG DEL EQUIPO	LONGITUD DE FAJA (m)	ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LA FAJA (°)	ELEVACIÓN DE LA FAJA (m)
Faja de alimentación al stockpile - B	293.28	14.5	60.81
<b>PERFIL DE LA FAJA</b>			
<p>El diagrama muestra el perfil de la faja de alimentación al stockpile B. El perfil es una línea que comienza en un punto de curvatura con un radio de <math>R300.000</math> y se eleva a una altura de <math>60.812</math> m. La longitud total de la faja es de <math>293.280</math> m. El ángulo de inclinación es de <math>14.50^\circ</math>. Se indican segmentos horizontales de <math>47.522</math> m y <math>53.306</math> m, y un segmento horizontal intermedio de <math>192.452</math> m.</p>			

## **Anexo 5. Reporte de cálculo de la faja de sacrificio A**



Sidewinder Conveyor  
Design Software

Cliente	-	Diseñador	Jefferson Flores
Proyecto	-	Compañía	UNI
Transportador	Faja de sacrificio A	Archivo	
Sitio	Colombia	Fecha	Noviembre 02, 2023
Descripción	Faja de sacrificio para la ubicación A		

### Conveyor Design Information

Método de cálculo..... CEMA 7th (type 1)  
Longitud del Transportador / Altura ..... 59 / 5.9 m  
Alza de material ..... 4.8 m  
Rango de temperatura ambiente..... 20 a 36 °C

### Características Materiales

Tipo..... Coarse Ore  
Capacidad de Diseño ..... 1153 t/h  
Densidad ..... 1600 kg/m<sup>3</sup>  
Tamaño máximo del terrón ..... 300 mm  
Ángulo de la sobrecarga ..... 20 deg

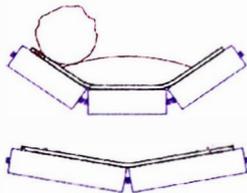
### Características de la Correa

Tipo..... Tela (3-Ply)  
Ancho..... 1067 mm  
Grado..... 500 N/mm  
Velocidad..... 2.81 m/s  
Grueso de la cubierta superior/ inferior ..... 11.0 x 4.0 mm  
Grueso total..... 19 mm  
Peso (nuevo / usado)..... 23.5 / 14.7 kg/m  
Módulo..... 5,149 kN/m  
Longitud de la correa..... 131.1 m  
Ciclo tiempo de la correa..... 47 s

Resumen de Tensión	Corriente	Momentáneo
Máxima tensión (kN)	32.0	39.9
Factor de seguridad mínimo	16.67	13.37
Tensión mínima (kN)	17.9	11.8
Flecha máximo de correa (%)	0.70	0.76

### Carga del Rodillos

Masa material ( $w_m$ )..... 113.9 kg/m  
Combined mass ( $w_m + w_b$ )..... 137.3 kg/m  
Distancia de borde (requerido / actual)..... 82 / 179 mm  
Cross sectional area ..... 0.071 m<sup>2</sup>  
Sección transversal de carga (utilidad / total) 56 % / 39 %  
Profundidad de la cama..... 149 mm



Tonelaje inundado de la correa..... 2,833 t/h  
Inundado ( $w_m + w_b$ )..... 304.9 kg/m

### Datos de las Estación

Sidewinder - v9.33 - Conveyor Design Software  
Advanced Conveyor Technologies, Inc.

	Superior	Retorno
Nombre de la serie	D5	D5
Número de rodillos	3	2
Ángulo de estación (deg)	35	10
Tipo	Inline	Inline
Espaciamiento de estaciones (m)	1.00	3.00
Número de estaciones	37	15
Diámetro del rodillo	127	127
Rodillo rpm	423	423
Arrastre total (N)	8.0	5.3
Drag range (N)	7.8 - 25.7	5.1 - 17.1
Longitud del rodillo	388	576
Grado (N)	5,338	3,781
Calc Idler Load (N)	1,578	722
Min L <sub>10</sub> life (1000 hrs)	350.0	350.0

### Estación de Motor

Tipo ..... Jaula de ardilla  
RPM Sincrona ..... 1800 RPM  
Cantidad y calificación de motor ..... 1 / 55.0 kW  
Energía instalada total ..... 55.0 kW

Tamaño del Marco ..... IEC 250M  
Motor Voltage ..... Not Specified  
Rendimiento ..... 94.5 a 97.5%  
Esfuerzo máximo de torsión de partir ..... 180%  
Start tension / running tension ( $\Omega$ -n case) ..... 1.3  
Inercia - Motor ..... 1.2 kg·m<sup>2</sup>  
Tipo de revestimientos de polea ..... Goma  
Ángulo envolvente del motor ..... 180  
Factor de fricción de revestimiento (correr / aceleración) ..... 0.35 / 0.35

Empty demand power (34%)..... 18.9 kW  
Full demand power (69%)..... 38.2 kW  
Energía mínima (34%) ..... 18.9 kW  
Energía máxima (82%) ..... 45.3 kW

### Información del Reductor

Fabricación..... N/A  
Tamaño del marco ..... N/A  
Relación del reductor ..... 14.190  
Relación catálogo del reductor..... 0.000  
RPM (Alto / Bajo)..... 1800 / 126.85  
Configuración..... Shaft Mount  
Número de etapas ..... 3  
Factor de mantenimiento ..... 1.5  
Power rating ..... 0.0

### Datos Tensor



Sidewinder Conveyor  
Design Software

<i>Cliente</i>	-	<i>Dischador</i>	Jefferson Flores
<i>Proyecto</i>	-	<i>Compañia</i>	UNI
<i>Transportador</i>	Faja de sacrificio A	<i>Archivo</i>	
<i>Sitio</i>	Colombia	<i>Fecha</i>	Noviembre 02, 2023
<i>Descripción</i>	Faja de sacrificio para la ubicación A		

Tipo.....Control automático del malacate  
Sitio..... Medio / Tambor #4  
Tensión del estado constante ..... 18.1 a 18.1 kN  
Tensión momentánea ..... 13.5 a 21.7 kN  
Cociente de reeving del cable (trolley winch) ..... 1:1  
Masa del contrapeso ..... 3.68 tonnes

Dislocación requerida del tambor ..... 1.98 m  
Dislocación dinámica (incluido termal) ..... 0.04 m  
Elongación permanente ..... 0.85 m  
Longitud del empalme (2 incluidos)..... 0.84 m  
Separación ..... 0.25 m

#### Ruedas Antirretroceso

Sitio..... Cabeza en tambor #1  
Rueda antirretroceso (quantity x type) 1 x Velocidad bajo  
Diámetro del tambor ..... 428 mm  
Load Share Factor % ..... 100  
Factor de Mantenimiento - Alza de Material ..... 1.50  
Factor de Mantenimiento - Motor Rating ..... 1.50  
Criterios de Alza de Material ..... 1,076 N·m  
Motor Torque Criteria ..... 6,305 N·m  
Torque rating at low speed shaft ..... 6,305 N·m

#### Frenos

Tipo freno ..... Ninguna instalada

#### Momento del Motor

100% Momento del Motor - Alta Velocidad ..... 296 N·m  
Torsión del Eje de Motor - Corriente (FN) ..... 205 N·m  
Torsión del Eje de Motor - A Partir (FN) ..... 533 N·m

100% Momento del Motor - Velocidad Bajo... 4,203 N·m  
Low Speed Shaft Torque - Corriente (FN) ..... 2,741 N·m  
Low Speed Shaft Torque - Corriente (Max) ..... 3,278 N·m  
Low Speed Shaft Torque - A Partir (FN) ..... 5,771 N·m  
Low Speed Shaft Torque - A Partir (Max) ..... 5,921 N·m

#### Partir y Parar

Control de partir ..... Esfuerzo de torsión constante  
Tiempo de partir ..... 1.1 a 2.5 s  
Vacío - NF ..... 1.1 s  
Lleno - NF ..... 2.2 s

Control de parada operacional ..... Deriva  
Duración de parada operacional ..... 3.1 a 5.6 s  
Vacío - NF ..... 5.6 s  
Lleno - NF ..... 3.9 s

Control de parada emergencia ..... Deriva  
Tiempo de parada de emergencia ..... 3.1 a 5.6 s

Vacío - NF ..... 5.6 s  
Lleno - NF ..... 3.9 s

#### Cocientes de Tensión

Permisible (corriente)..... 3.00  
Corriente cociente de tensión ..... 1.73  
Permisible (dinámica) ..... 3.00  
A partir cociente de tensión ..... 2.87

#### Transition Lengths

Transition method ..... CEMA 7  
Longitud de la transición de la cola (en línea ) ..... 2.71 m  
Longitud de transición de cabaza (elevada 65 mm) 1.30 m

#### Estimated Splice Data

Tipo del empalme ..... 2-Paso  
Longitud del paso del empalme ..... 200 mm  
22 degree bias angle ..... 435 mm  
Total splice length ..... 835 mm

#### Take-Up Cable

Masa del contrapeso ..... 3.7 tonnes  
Cociente de reeving del cable (trolley winch) ..... 1:1  
Tensión de cable del tensor ..... 36.1 kN  
Diámetro del cable ..... 16.0 mm  
Resistencia a ruptura del cable (1800 MPa) ..... 172.0 kN  
Factor de seguridad ..... 4.8  
Number of clips (crosby clamps) ..... 3  
Tumback / free end length ..... 310 / 65 mm  
Diámetro Raíz de la Roldana ..... 280 mm

#### Información Otra

Masa cargada en línea con correa (excepto los motores) ..... 11,267 kg  
Inercia total (ref eje AV) ..... 2.56 kg·m<sup>2</sup>  
Empty beltline mass (excluding motors) ..... 6.029 kg  
<sup>2</sup> Above values are for the FN case

Tonelaje inundado de la correa ..... 2,833 t/h  
Inundado (w<sub>in</sub> + w<sub>b</sub>) ..... 304.9 kg/m

#### Energía de la Demanda

Caso	Motor Nameplate (%)	Energía de la Demanda (kW)
Empty - NF	34.3	18.9
Full - NF	69.5	38.2
Full - LF	53.6	29.5
Full - HF	82.4	45.3
Custom 1 - NF	82.4	45.3

Sidewinder - v9.33 - Conveyor Design Software  
Advanced Conveyor Technologies, Inc.



Sidewinder Conveyor  
Design Software

Cliente	-	Diseñador	Jefferson Flores
Proyecto	-	Compañía	UNI
Transportador	Faja de sacrificio A	Archivo	
Sitio	Colombia	Fecha	Noviembre 02, 2023
Descripción	Faja de sacrificio para la ubicación A		

### Din Factor y Masa Equivalente Total

Caso	Din factor	Masa a la línea corea (kg)
Empty - NF	0.0490	11,409
Full - NF	0.0306	16,647
Full - LF	0.0188	15,497
Full - HF	0.0393	16,824
Custom 1 - NF	0.0488	11,409

### Tensiones Máximas de la Correa (kN)

Caso	Corriente	Dinámica
Empty - NF	23.6	30.4
Full - NF	30.3	39.3
Full - LF	28.0	38.2
Full - HF	32.0	39.9
Custom 1 - NF	32.8	38.5

### Factor de Seguridad de la Correa

Caso	Corriente	Dinámica
Empty - NF	22.63	17.53
Full - NF	17.59	13.57
Full - LF	19.07	13.97
Full - HF	16.67	13.37
Custom 1 - NF	16.25	13.85

### Factor de Seguridad del Empalme

Caso	Corriente	Dinámica
Empty - NF	15.09	11.68
Full - NF	11.72	9.05
Full - LF	12.71	9.31
Full - HF	11.12	8.91
Custom 1 - NF	10.83	9.23

### Tensiones Mínimas de la Correa (kN)

Caso	Corriente	Dinámica
Empty - NF	18.0	11.8
Full - NF	18.0	13.7
Full - LF	18.0	13.3
Full - HF	17.9	14.2
Custom 1 - NF	18.0	13.6

### Flecha Máximo de Correa (%)

Caso	Corriente	Dinámica
Empty - NF	0.48	0.73
Full - NF	0.70	0.76
Full - LF	0.70	0.75
Full - HF	0.68	0.73
Custom 1 - NF	0.48	0.64

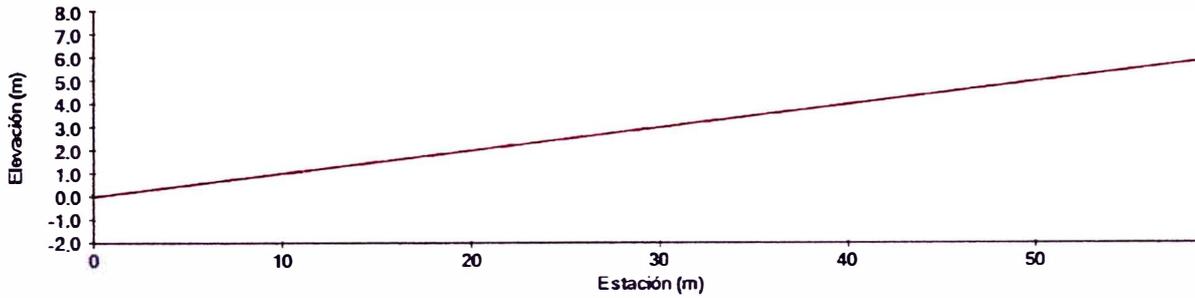


Sidewinder Conveyor  
Design Software

Cliente	-	Diseñador	Jefferson Flores
Proyecto	-	Compañía	UNI
Transportador	Faja de sacrificio A	Archivo	
Sitio	Colombia	Fecha	Noviembre 02, 2023
Descripción	Faja de sacrificio para la ubicación A		

### Perfil del Transportador

Largura total = 59 m - Altura total = 5.9 m - Longitud Verdadera = 59.2 m

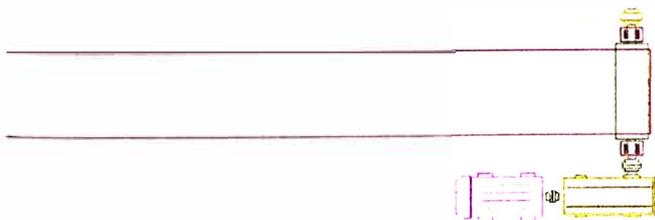


### Tambors

Tambors



Tambors - Top View





Sidewinder Conveyor  
Design Software

<i>Cliente</i>	-	<i>Diseñador</i>	Jefferson Flores
<i>Proyecto</i>	-	<i>Compañía</i>	UNI
<i>Transportador</i>	Faja de sacrificio A	<i>Archivo</i>	
<i>Sitio</i>	Colombia	<i>Fecha</i>	Noviembre 02, 2023
<i>Descripción</i>	Faja de sacrificio para la ubicación A		

*Tensiones Máximas de Tambor (without any additional safety factors)*

Tambor #	Tipo	Tambor	Revestimiento (deg)	Corriente (kN)			Tensiones Momentáneo (kN)		
				T1	T2	Fuerza Resultante	T1	T2	Fuerza Resultante
1	2-MT	Mtr 1 - Bstp 1	180	32.0	18.6	50.5	39.9	23.2	62.4
2	3-LT	Pulley 2	47	18.4		14.7	22.7		18.1
3	3-LT	Pulley 3	53	18.0		16.0	22.0		19.5
4	4-LT	Take-up Pulley	165	18.1		36.2	21.7		43.2
5	3-LT	Pulley 5	171	18.7		37.6	22.0		43.9
6	1-LT	Tail Pulley	180	18.5		37.8	20.3		41.0

*T1 & T2 values may not be from the same load cases. Therefore the max resultant force is not the vector sum of these values.*

*Detalles de la Geometría del Tambor (Tipos de Tambor)*

Tipo	Lagging / Pattern Type	Diámetro (mm)	Grosor del Revestimiento (mm)	Diámetro con el Revestimiento (mm)	Ancho de Cara (mm)	Diámetro de Centro del Eje (mm)	Diámetro de Rodamiento (mm)	Distancia de Centros Rodamientos (mm)	Soporte de Pie	Rodamiento Serie	Pulley Shaft Bearing Mass (kg)
1	Goma	400	10.0	420	1200	110	90	1425	520	23220	426
2	Goma	400	10.0	420	1200	125	100	1435	522	23222	490
3	Goma	400	10.0	420	1200	110	90	1425	520	23220	426
4	Goma	400	10.0	420	1200	110	90	1425	520	23220	426

*Shaft Geometry Details (Tipos de Tambor)*

Tipo	Locking Device	Material del Eje	Tensile Strength (MPa)	Fuerza de Limite Elástico (MPa)	Fuerza de Fatiga (MPa)	Diámetro del Cubo (mm)	Distancia de Centro del Cubo (mm)	Distancia Rodamiento a Filete (mm)	Radio del Filete (mm)	Fuerza de Overhung (kN)	Brazo del momento de Overhung (mm)
1	XT-45	SAE 1045	565.0	310.0	282.5	110	1085	85	30	0.0	0
2	XT-50	SAE 1045	565.0	310.0	282.5	125	1065	93	38	1.1	600
3	XT-45	SAE 1045	565.0	310.0	282.5	110	1085	85	30	0.0	0
4	XT-45	SAE 1045	565.0	310.0	282.5	110	1085	85	30	0.0	0

**Anexo 6. Reporte de cálculo de la faja de alimentación al  
stockpile A**



Sidewinder Conveyor  
Design Software

Cliente	-	Diseñador	Jefferson Flores
Proyecto	-	Compañía	UNI
Transportador	Faja de alimentación stockpile A	Archivo	
Sitio	Colombia	Date	Noviembre 04, 2023
Descripción	Faja de alimentación al stockpile para la ubicación A		

### Conveyor Design Information

Método de cálculo..... CEMA 7th (type 1)  
 Longitud del Transportador / Altura..... 717 / 80.9 m  
 Alza de material..... 80.9 m  
 Rango de temperatura ambiente..... 20 a 36 °C

### Características Materiales

Tipo..... Ore  
 Capacidad de Diseño ..... 1153 t/h  
 Densidad..... 1600 kg/m<sup>3</sup>  
 Tamaño máximo del terrón..... 300 mm  
 Ángulo de la sobrecarga ..... 20 deg

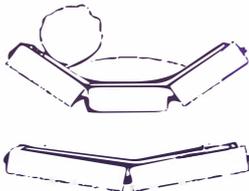
### Características de la Correa

Tipo..... Cuerda de acero  
 Ancho..... 1067 mm  
 Grado..... 1600 N/mm  
 Velocidad..... 3.60 m/s  
 Grueso de la cubierta superior/ inferior ..... 12.5 x 4.5 mm  
 Grueso total..... 22 mm  
 Peso (nuevo / usado)..... 35.0 / 25.0 kg/m  
 Módulo..... 115.200 kN/m  
 Longitud de la correa..... 1,480 m  
 Ciclo tiempo de la correa..... 6.9 min

Resumen de Tensión	Corriente	Momentáneo
Máxima tensión (kN)	193	209
Factor de seguridad mínimo	8.84	8.19
Tensión mínima (kN)	56.8	32.5
Flecha máximo de correa (%)	0.30	0.57

### Carga del Rodillos

Masa material ( $w_m$ )..... 89.0 kg/m  
 Combined mass ( $w_m + w_b$ )..... 124.0 kg/m  
 Distancia de borde (requerido / actual)..... 82 / 212 mm  
 Cross sectional area..... 0.056 m<sup>2</sup>  
 Sección transversal de carga (utilidad / total) 44 % / 31 %  
 Profundidad de la cama..... 126 mm



Tonelaje inundado de la correa..... 3,619 t/h  
 Inundado ( $w_m + w_b$ )..... 314.3 kg/m

### Datos de las Estación

	Superior	Retorno
Nombre de la serie	D5	D5
Número de rodillos	3	2
Ángulo de estación (deg)	35	10
Tipo	Inline	Inline
Espaciamiento de estaciones (m)	1.20	3.60
Número de estaciones	593	198
Diámetro del rodillo	127	127
Rodillo rpm	541	541
Arrastre total (N)	8.0	5.3
Drag range (N)	8.8 - 29.0	5.8 - 19.5
Longitud del rodillo	388	576
Grado (N)	5,338	3,781
Calc Idler Load (N)	2,352	2,379
Min L <sub>10</sub> life (1000 hrs)	350.0	222.5

### Estación de Motor

Tipo..... Variación de velocidad  
 RPM Síncrona..... 1800 RPM  
 Cantidad y calificación de motor..... 1 / 560 kW  
 Energía instalada total..... 560 kW  
 Tamaño del Marco..... IEC 400J  
 Motor Voltage..... Not Specified  
 Rendimiento..... 94.5 a 97.5%  
 Esfuerzo máximo de torsión de partir..... 95%  
 Start tension / running tension (fl-n case)..... 1.1  
 Inercia - Motor..... 12.5 kg·m<sup>2</sup>  
 Tipo de revestimientos de polea..... Goma  
 Ángulo envolvente del motor..... 180  
 Factor de fricción de revestimiento (correr / aceleración)..... 0.35 / 0.35

Empty demand power (21%)..... 116 kW  
 Full demand power (74%)..... 412 kW  
 Energía mínima (21%)..... 116 kW  
 Energía máxima (82%)..... 457 kW

### Información del Reductor

Fabricación..... N/A  
 Tamaño del marco..... N/A  
 Relación del reductor..... 26.540  
 Relación catálogo del reductor..... 0.000  
 RPM (Alto / Bajo)..... 1800 / 67.82  
 Configuración..... Shaft Mount  
 Número de etapas..... 3  
 Factor de mantenimiento..... 1.5  
 Power rating..... 0

### Datos Tensor

Sidewinder - v9.33 - Conveyor Design Software  
 Advanced Conveyor Technologies, Inc.



Sidewinder Conveyor  
Design Software

Cliente	-	Diseñador	Jefferson Flores
Proyecto	-	Compañía	UNI
Transportador	Faja de alimentación stockpile A	Archivo	
Sitio	Colombia	Date	Noviembre 04, 2023
Descripción	Faja de alimentación al stockpile para la ubicación A		

Tipo..... Gravedad  
Sitio..... Cabeza / Tambor #5  
Tensión requerida a la línea corea ..... 71.5 kN  
Masa del contrapeso ..... 14.6 tonnes

Dislocación requerida del tambor ..... 4.28 m  
Dislocación dinámica (incluido termal) ..... 0.39 m  
Elongación permanente ..... 0.74 m  
Longitud del empalme (2 incluidos)..... 1.40 m  
Separación ..... 1.75 m

#### Ruedas Antirretroceso

Sitio..... Cabeza en tambor #3  
Rueda antirretroceso (quantity x type) 1 x Velocidad bajo  
Diámetro del tambor ..... 1029 mm  
Load Share Factor % ..... 100  
Factor de Mantenimiento - Alza de Material ..... 1.50  
Factor de Mantenimiento - Motor Rating ..... 1.00  
Criterios de Alza de Material ..... 46,894 N·m  
Motor Torque Criteria..... 80,048 N·m  
Torque rating at low speed shaft ..... 80,048 N·m

#### Frenos

Tipo freno ..... Ninguna instalada

#### Momento del Motor

100% Momento del Motor - Alta Velocidad ... 3,016 N·m  
Torsión del Eje de Motor - Corriente (FN)..... 2,218 N·m  
Torsión del Eje de Motor - A Partir (FN) ..... 2,610 N·m

100% Momento del Motor - Velocidad Bajo. 80,048 N·m  
Low Speed Shaft Torque - Corriente (FN) ... 55,638 N·m  
Low Speed Shaft Torque - Corriente (Max) .. 61,325 N·m  
Low Speed Shaft Torque - A Partir (FN)..... 63,743 N·m  
Low Speed Shaft Torque - A Partir (Max) ... 69,547 N·m

#### Partir y Parar

Control de partir..... Tiempo fijo  
Tiempo de partir ..... 30.0 s  
Vacío - NF ..... 30.0 s  
Lleno - NF ..... 30.0 s

Control de parada operacional ..... Tiempo fijo  
Duración de parada operacional ..... 60.0 s  
Vacío - NF ..... 60.0 s  
Lleno - NF ..... 60.0 s

Control de parada emergencia ..... Deriva  
Tiempo de parada de emergencia ..... 4.9 a 11.7 s  
Vacío - NF ..... 11.7 s  
Lleno - NF ..... 5.3 s

#### Cocientes de Tensión

Permisible (corriente)..... 3.00  
Corriente cociente de tensión ..... 2.72  
Permisible (dinámica) ..... 3.00  
A partir cociente de tensión..... 2.95  
Parada operacional cociente de tensión ..... 2.59

#### Transition Lengths

Transition method ..... CEMA 7  
Longitud de la transición de la cola (en línea) ..... 4.00 m  
Longitud de transición de cabaza (en línea) ..... 5.60 m

#### Estimated Splice Data

Tipo del empalme..... 2-Paso  
Longitud del paso del empalme ..... 370 mm  
Longitud de transición (each side) ..... 100 mm  
22 degree bias angle ..... 435 mm  
Total splice length ..... 1395 mm  
Diámetro del cable ..... 4.8 mm  
Número de cables..... 74  
Echada del cable / abertura de cable en empalme. 13.86 / 4.32 mm

#### Información Otra

Masa cargada en línea con correa (excepto los motores)  
..... 132,934 kg  
Inercia total (ref eje AV)..... 50.0 kg·m<sup>2</sup>  
Empty beltline mass (excluding motors)..... 68,806 kg  
<sup>2</sup> Above values are for the FN case

Tonelaje inundado de la correa ..... 3,619 t/h  
Inundado (w<sub>m</sub> + w<sub>b</sub>)..... 314.3 kg/m

#### Energía de la Demanda

Caso	Motor Nameplate (%)	Energía de la Demanda (kW)
Empty - NF	20.7	116
Full - NF	73.5	412
Full - LF	61.2	343
Full - HF	81.7	457
Custom 1 - NF	28.1	157



Sidewinder Conveyor  
Design Software

<i>Ciente</i>	-	<i>Diseñador</i>	<i>Jefferson Flores</i>
<i>Proyecto</i>	-	<i>Compañía</i>	<i>UNI</i>
<i>Transportador</i>	<i>Faja de alimentación stockpile A</i>	<i>Archivo</i>	
<i>Sitio</i>	<i>Colombia</i>	<i>Date</i>	<i>Noviembre 04, 2023</i>
<i>Descripción</i>	<i>Faja de alimentación al stockpile para la ubicación A</i>		

### *Din Factor y Masa Equivalente Total*

<i>Caso</i>	<i>Din factor</i>	<i>Masa a la línea corea (kg)</i>
Empty - NF	0.0366	101,956
Full - NF	0.0248	166,085
Full - LF	0.0156	151,272
Full - HF	0.0309	167,976
Custom 1 - NF	0.0366	101,956

### *Tensiones Máximas de la Correa (kN)*

<i>Caso</i>	<i>Corriente</i>	<i>Dinámica</i>
Empty - NF	103	110
Full - NF	183	198
Full - LF	166	180
Full - HF	193	209
Custom 1 - NF	114	125

### *Factor de Seguridad de la Correa*

<i>Caso</i>	<i>Corriente</i>	<i>Dinámica</i>
Empty - NF	16.63	15.51
Full - NF	9.33	8.61
Full - LF	10.27	9.50
Full - HF	8.84	8.19
Custom 1 - NF	14.99	13.67

### *Tensiones Mínimas de la Correa (kN)*

<i>Caso</i>	<i>Corriente</i>	<i>Dinámica</i>
Empty - NF	56.8	48.9
Full - NF	56.8	33.2
Full - LF	59.4	39.7
Full - HF	57.8	32.5
Custom 1 - NF	56.8	47.4

### *Flecha Máximo de Correa (%)*

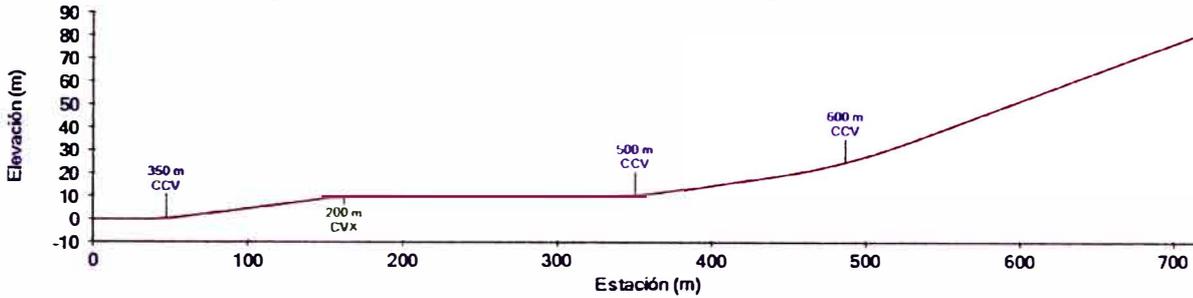
<i>Caso</i>	<i>Corriente</i>	<i>Dinámica</i>
Empty - NF	0.27	0.32
Full - NF	0.30	0.55
Full - LF	0.27	0.42
Full - HF	0.29	0.57
Custom 1 - NF	0.27	0.33



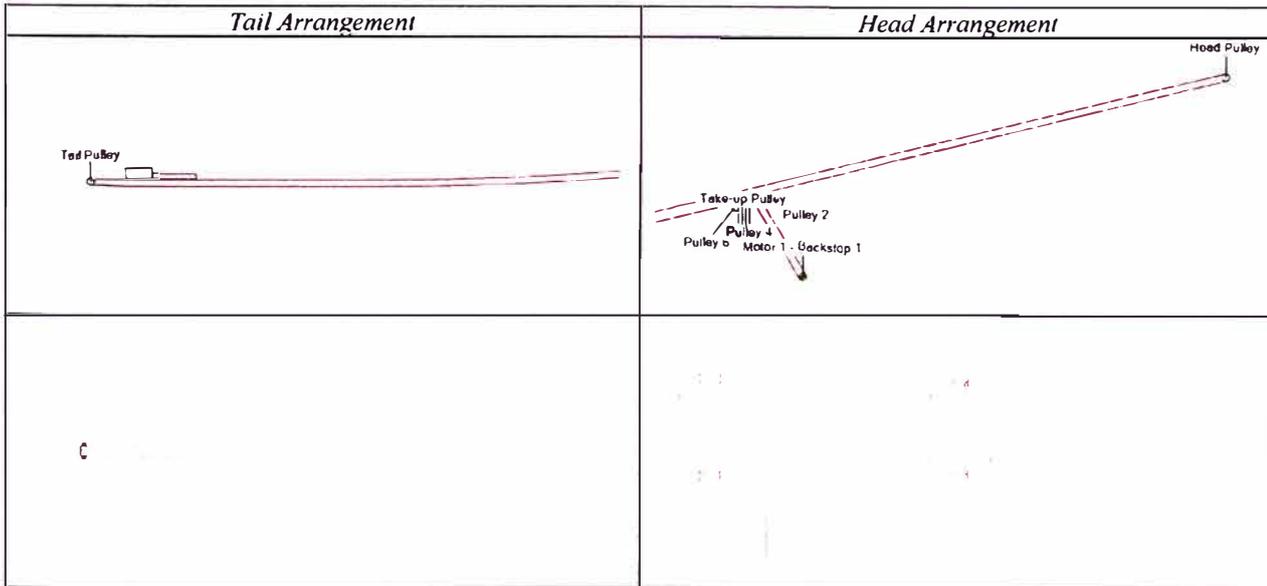
Cliente	-	Diseñador	Jefferson Flores
Proyecto	-	Compañía	UNI
Transportador	Faja de alimentación stockpile A	Archivo	
Sitio	Colombia	Date	Noviembre 04, 2023
Descripción	Faja de alimentación al stockpile para la ubicación A		

### Perfil del Transportador

Largura total = 717 m - Altura total = 80.9 m - Longitud Verdadera = 724.8 m



### Tambors



### Tensiones Máximas de Tambor (without any additional safety factors)

Tambor #	Tipo	Tambor	Revestimiento (deg)	Corriente (kN)			Tensiones Momentáneo (kN)		
				T1	T2	Fuerza Resultante	T1	T2	Fuerza Resultante
1	1-HT	Head Pulley	180	191		384	206		414
2	2-HT	Pulley 2	106	189		303	205		328
3	3-HT	Mtr 1 - Bstp 1	180	187	69.9	256	203	70.4	272
4	4-LT	Pulley 4	150	72.1		140	72.5		140
5	5-LT	Take-up Pulley	180	71.5		144	71.5		144
6	4-LT	Pulley 6	104	73.2		116	73.3		116
7	6-LT	Tail Pulley	180	59.6		120	62.1		125

T1 & T2 values may not be from the same load cases. Therefore the max resultant force is not the vector sum of these values.



Sidewinder Conveyor  
Design Software

Cliente	-	Diseñador	Jefferson Flores
Proyecto	-	Compañía	UNI
Transportador	Faja de alimentación stockpile A	Archivo	
Sitio	Colombia	Date	Noviembre 04, 2023
Descripción	Faja de alimentación al stockpile para la ubicación A		

**Detalles de la Geometría del Tambor (Tipos de Tambor)**

Tipo	Lagging / Pattern Type	Diámetro (mm)	Grueso del Revestimiento (mm)	Diámetro con el Revestimiento (mm)	Ancho de Cara (mm)	Diámetro de Centro del Eje (mm)	Diámetro de Rodamiento (mm)	Distancia de Centros Rodamientos (mm)	Soporte de Pie	Rodamiento Serie	Pulley Shaft Bearing Mass (kg)
1	Goma	1000	10.0	1020	1200	240	200	1650	3144	23144	2,266
2	Goma	1000	10.0	1020	1200	240	200	1650	3044	23044	2,249
3	Goma	1000	10.0	1020	1200	200	160	1550	3036	23036	1,825
4	Goma	630	10.0	650	1200	200	160	1550	3036	23036	1,156
5	Goma	630	10.0	650	1200	200	160	1550	3036	23036	1,156
6	Goma	630	10.0	650	1200	200	160	1550	3036	23036	1,156

**Shaft Geometry Details (Tipos de Tambor)**

Tipo	Locking Device	Material del Eje	Tensile Strength (MPa)	Fuerza de Limite Elástico (MPa)	Fuerza de Fatiga (MPa)	Diámetro del Cubo (mm)	Distancia de Centro del Cubo (mm)	Distancia Rodamiento a Filete (mm)	Radio del Filete (mm)	Fuerza de Overhung (kN)	Brazo del momento de Overhung (mm)
1	B-LOC 115	SAE 1045	565.0	310.0	282.5	240	1040	150	60	0.0	0
2	B-LOC 115	SAE 1045	565.0	310.0	282.5	240	1040	145	60	0.0	0
3	B-LOC 115	SAE 1045	565.0	310.0	282.5	200	1050	120	60	15.0	1000
4	B-LOC 106	SAE 1045	565.0	310.0	282.5	200	1125	120	60	0.0	0
5	B-LOC 106	SAE 1045	565.0	310.0	282.5	200	1125	120	60	0.0	0
6	B-LOC 106	SAE 1045	565.0	310.0	282.5	200	1125	120	60	0.0	0

## **Anexo 7. Reporte de cálculo de la faja de sacrificio B**



Sidewinder Conveyor  
Design Software

Cliente		Diseñador	Je rson Flores
Proyecto	-	Compañía	UNI
Transportador	Faja de sacrificio B	Archivo	
Sitio	Colombia	Fecha	Noviembre 05, 2023
Descripción	Faja de sacrificio para la ubicación B		

### Conveyor Design Information

Método de cálculo..... CEMA 7th (type 1)  
Longitud del Transportador / Altura ..... 59 / 5.9 m  
Alza de material..... 4.8 m  
Rango de temperatura ambiente..... 20 a 36 °C

### Características Materiales

Tipo..... Coarse Ore  
Capacidad de Diseño ..... 1153 t/h  
Densidad..... 1600 kg/m<sup>3</sup>  
Tamaño máximo del terrón... 300 mm  
Ángulo de la sobrecarga ..... 20 deg

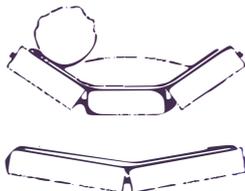
### Características de la Correa

Tipo..... Tela (3-Ply)  
Ancho..... 1067 mm  
Grado ..... 500 N/mm  
Velocidad..... 2.81 m/s  
Grueso de la cubierta superior/ inferior .... 11.0 x 4.0 mm  
Grueso total..... 19 mm  
Peso (nuevo / usado)..... 23.5 / 14.7 kg/m  
Módulo..... 5.149 kN/m  
Longitud de la correa ..... 131.1 m  
Ciclo tiempo de la correa ..... 47 s

Resumen de Tensión	Corriente	Momentáneo
Máxima tensión (kN)	32.0	39.9
Factor de seguridad mínimo	16.67	13.37
Tensión mínima (kN)	17.9	11.8
Flecha máximo de correa (%)	0.70	0.76

### Carga del Rodillos

Masa material (w<sub>m</sub>) ..... 113.9 kg/m  
Combined mass (w<sub>m</sub> + w<sub>b</sub>) ..... 137.3 kg/m  
Distancia de borde (requerido / actual)..... 82 / 179 mm  
Cross sectional area ..... 0.071 m<sup>2</sup>  
Sección transversal de carga (utilidad / total) 56 % / 39 %  
Profundidad de la cama ..... 149 mm



Tonelaje inundado de la correa ..... 2,833 t/h  
Inundado (w<sub>m</sub> + w<sub>b</sub>) ..... 304.9 kg/m

### Datos de las Estación

Sidewinder - v9.33 - Conveyor Design Software  
Advanced Conveyor Technologies, Inc.

	Superior	Retorno
Nombre de la serie	D5	D5
Número de rodillos	3	2
Ángulo de estación (deg)	35	10
Tipo	Inline	Inline
Espaciamiento de estaciones (m)	1.00	3.00
Número de estaciones	37	15
Diámetro del rodillo	127	127
Rodillo rpm	423	423
Arrastre total (N)	8.0	5.3
Drag range (N)	7.8 - 25.7	5.1 - 17.1
Longitud del rodillo	388	576
Grado (N)	5,338	3,781
Calc Idler Load (N)	1,578	722
Min L <sub>10</sub> life (1000 hrs)	350.0	350.0

### Estación de Motor

Tipo .. Jaula de ardilla  
RPM Síncrona ... 1800 RPM  
Cantidad y calificación de motor..... 1 / 55.0 kW  
Energía instalada total ... 55.0 kW

Tamaño del Marco ..... IEC 250M  
Motor Voltage..... Not Specified  
Rendimiento ..... 94.5 a 97.5%  
Esfuerzo máximo de torsión de partir .... 180%  
Start tension / running tension (fl-n case) ... 1.3  
Inercia - Motor ..... 1.2 kg·m<sup>2</sup>  
Tipo de revestimientos de polea..... Goma  
Ángulo envolvente del motor ..... 180  
Factor de fricción de revestimiento (correr / aceleración) ..... 0.35 / 0.35

Empty demand power (34%) ..... 18.9 kW  
Full demand power (69%) ..... 38.2 kW  
Energía mínima (34%) ... 18.9 kW  
Energía máxima (82%) ..... 45.3 kW

### Información del Reductor

Fabricación..... N/A  
Tamaño del marco.. N/A  
Relación del reductor ..... 14.190  
Relación catálogo del reductor ..... 0.000  
RPM (Alto / Bajo) ..... 1800 / 126.85  
Configuración..... Shaft Mount  
Número de etapas ..... 3  
Factor de mantenimiento.. 1.5  
Power rating ..... 0.0

### Datos Tensor



Sidewinder Conveyor  
Design Software

<i>Cliente</i>	-	<i>Diseñador</i>	Jefferson Flores
<i>Proyecto</i>	-	<i>Compañía</i>	UNI
<i>Transportador</i>	Faja de sacrificio B	<i>Archivo</i>	
<i>Sitio</i>	Colombia	<i>Fecha</i>	Noviembre 05, 2023
<i>Descripción</i>	Faja de sacrificio para la ubicación B		

Tipo..... Control automático del malacate  
 Sitio..... Medio / Tambor #4  
 Tensión del estado constante ..... 18.1 a 18.1 kN  
 Tensión momentánea ..... 13.5 a 21.7 kN  
 Cociente de reeving del cable (trolley winch) ..... 1:1  
 Masa del contrapeso ..... 3.68 tonnes

Dislocación requerida del tambor ..... 1.98 m  
 Dislocación dinámica (incluido termal) ..... 0.04 m  
 Elongación permanente ..... 0.85 m  
 Longitud del empalme (2 incluidos) ..... 0.84 m  
 Separación ..... 0.25 m

#### Ruedas Antirretroceso

Sitio..... Cabeza en tambor #1  
 Rueda antirretroceso (quantity x type) 1 x Velocidad bajo  
 Diámetro del tambor ..... 428 mm  
 Load Share Factor % ..... 100  
 Factor de Mantenimiento - Alza de Material ..... 1.50  
 Factor de Mantenimiento - Motor Rating ..... 1.50  
 Criterios de Alza de Material ..... 1,076 N·m  
 Motor Torque Criterio ..... 6,305 N·m  
 Torque rating at low speed shaft ..... 6,305 N·m

#### Frenos

Tipo freno ..... Ninguna instalada

#### Momento del Motor

100% Momento del Motor - Alta Velocidad ..... 296 N·m  
 Torsión del Eje de Motor - Corriente (FN) ..... 205 N·m  
 Torsión del Eje de Motor - A Partir (FN) ..... 533 N·m

100% Momento del Motor - Velocidad Bajo ..... 4,203 N·m  
 Low Speed Shaft Torque - Corriente (FN) ..... 2,741 N·m  
 Low Speed Shaft Torque - Corriente (Max) ..... 3,278 N·m  
 Low Speed Shaft Torque - A Partir (FN) ..... 5,771 N·m  
 Low Speed Shaft Torque - A Partir (Max) ..... 5,921 N·m

#### Partir y Parar

Control de partir ..... Esfuerzo de torsión constante  
 Tiempo de partir ..... 1.1 a 2.5 s  
 Vacío - NF ..... 1.1 s  
 Lleno - NF ..... 2.2 s

Control de parada operacional ..... Deriva  
 Duración de parada operacional ..... 3.1 a 5.6 s  
 Vacío - NF ..... 5.6 s  
 Lleno - NF ..... 3.9 s

Control de parada emergencia ..... Deriva  
 Tiempo de parada de emergencia ..... 3.1 a 5.6 s

Vacío - NF ..... 5.6 s  
 Lleno - NF ..... 3.9 s

#### Cocientes de Tensión

Permisible (corriente) ..... 3.00  
 Corriente cociente de tensión ..... 1.73  
 Permisible (dinámica) ..... 3.00  
 A partir cociente de tensión ..... 2.87

#### Transition Lengths

Transition method ..... CEMA 7  
 Longitud de la transición de la cola (en línea) ..... 2.71 m  
 Longitud de transición de cabaza (elevada 65 mm) 1.30 m

#### Estimated Splice Data

Tipo del empalme ..... 2-Paso  
 Longitud del paso del empalme ..... 200 mm  
 22 degree bias angle ..... 435 mm  
 Total splice length ..... 835 mm

#### Take-Up Cable

Masa del contrapeso ..... 3.7 tonnes  
 Cociente de reeving del cable (trolley winch) ..... 1:1  
 Tensión de cable del tensor ..... 36.1 kN  
 Diámetro del cable ..... 16.0 mm  
 Resistencia a ruptura del cable (1800 MPa) ..... 172.0 kN  
 Factor de seguridad ..... 4.8  
 Number of clips (Crosby clamps) ..... 3  
 Tumbuck / free end length ..... 310 / 65 mm  
 Diámetro Raíz de la Roldana ..... 280 mm

#### Información Otra

Masa cargada en línea con correa (excepto los motores) ..... 11,267 kg  
 Inercia total (ref eje AV) ..... 2.56 kg·m<sup>2</sup>  
 Empty beltline mass (excluding motors) ..... 6.029 kg  
<sup>2</sup> Above values are for the FN case

Tonelaje inundado de la correa ..... 2,833 t/h  
 Inundado (w<sub>m</sub> + w<sub>b</sub>) ..... 304.9 kg/m

#### Energía de la Demanda

Caso	Motor Nameplate (%)	Energía de la Demanda (kW)
Empty - NF	34.3	18.9
Full - NF	69.5	38.2
Full - LF	53.6	29.5
Full - HF	82.4	45.3
Custom 1 - NF	82.4	45.3

Sidewinder - v9.33 - Conveyor Design Software  
 Advanced Conveyor Technologies, Inc.



Sidewinder Conveyor  
Design Software

<i>Cliente</i>	-	<i>Diseñador</i>	Jefferson Flores
<i>Proyecto</i>	-	<i>Compañía</i>	UNI
<i>Transportador</i>	Faja de sacrificio B	<i>Archivo</i>	
<i>Sitio</i>	Colombia	<i>Fecha</i>	Noviembre 05, 2023
<i>Descripción</i>	Faja de sacrificio para la ubicación B		

### *Din Factor y Masa Equivalente Total*

Caso	Din factor	Masa a la línea corea (kg)
Empty - NF	0.0490	11,409
Full - NF	0.0306	16,647
Full - LF	0.0188	15,497
Full - HF	0.0393	16,824
Custom 1 - NF	0.0488	11,409

### *Tensiones Máximas de la Correa (kN)*

Caso	Corriente	Dinámica
Empty - NF	23.6	30.4
Full - NF	30.3	39.3
Full - LF	28.0	38.2
Full - HF	32.0	39.9
Custom 1 - NF	32.8	38.5

### *Factor de Seguridad de la Correa*

Caso	Corriente	Dinámica
Empty - NF	22.63	17.53
Full - NF	17.59	13.57
Full - LF	19.07	13.97
Full - HF	16.67	13.37
Custom 1 - NF	16.25	13.85

### *Factor de Seguridad del Empalme*

Caso	Corriente	Dinámica
Empty - NF	15.09	11.68
Full - NF	11.72	9.05
Full - LF	12.71	9.31
Full - HF	11.12	8.91
Custom 1 - NF	10.83	9.23

### *Tensiones Mínimas de la Correa (kN)*

Caso	Corriente	Dinámica
Empty - NF	18.0	11.8
Full - NF	18.0	13.7
Full - LF	18.0	13.3
Full - HF	17.9	14.2
Custom 1 - NF	18.0	13.6

### *Flecha Máximo de Correa (%)*

Caso	Corriente	Dinámica
Empty - NF	0.48	0.73
Full - NF	0.70	0.76
Full - LF	0.70	0.75
Full - HF	0.68	0.73
Custom 1 - NF	0.48	0.64

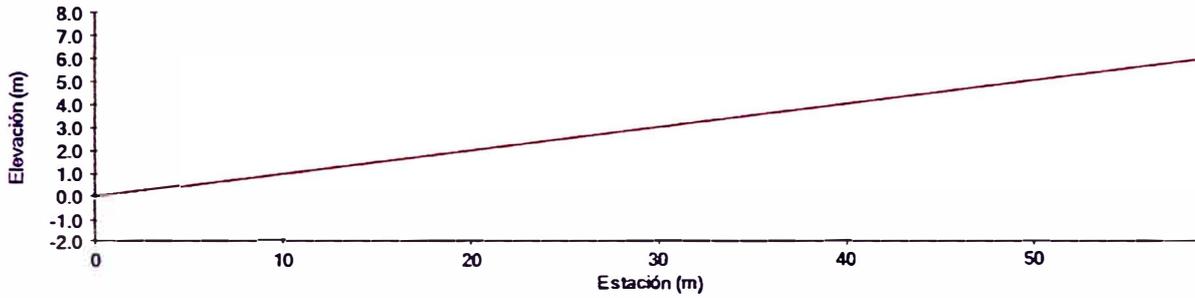


Sidewinder Conveyor  
Design Software

Cliente	-	Diseñador	Jefferson Flores
Proyecto	-	Compañía	UNI
Transportador	Faja de sacrificio B	Archivo	
Sitio	Colombia	Fecha	Noviembre 05, 2023
Descripción	Faja de sacrificio para la ubicación B		

### Perfil del Transportador

Largura total = 59 m - Altura total = 5.9 m - Longitud Verdadera = 59.2 m

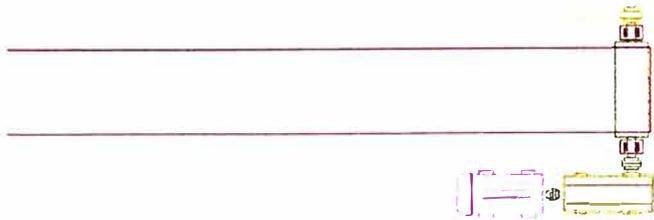


### Tambors

Tambors



Tambors - Top View





Sidewinder Conveyor  
Design Software

Cliente	-	Diseñador	Jefferson Flores
Proyecto	-	Compañía	UNI
Transportador	Faja de sacrificio B	Archivo	
Sitio	Colombia	Fecha	Noviembre 05, 2023
Descripción	Faja de sacrificio para la ubicación B		

*Tensiones Máximas de Tambor (without any additional safety factors)*

Tambor #	Tipo	Tambor	Revestimiento (deg)	Corriente (kN)			Tensiones Momentáneo (kN)		
				T1	T2	Fuerza Resultante	T1	T2	Fuerza Resultante
1	2-MT	Mtr 1 - Bstp 1	180	32.0	18.6	50.5	39.9	23.2	62.4
2	3-LT	Pulley 2	47	18.4		14.7	22.7		18.1
3	3-LT	Pulley 3	53	18.0		16.0	22.0		19.5
4	4-LT	Take-up Pulley	165	18.1		36.2	21.7		43.2
5	3-LT	Pulley 5	171	18.7		37.6	22.0		43.9
6	1-LT	Tail Pulley	180	18.5		37.8	20.3		41.0

T1 & T2 values may not be from the same load cases. Therefore the max resultant force is not the vector sum of these values.

*Detalles de la Geometría del Tambor (Tipos de Tambor)*

Tipo	Lagging / Pattern Type	Diámetro (mm)	Grosor del Revestimiento (mm)	Diámetro con el Revestimiento (mm)	Ancho de Cara (mm)	Diámetro de Centro del Eje (mm)	Diámetro de Rodamiento (mm)	Distancia de Centros Rodamientos (mm)	Soporte de Pie	Rodamiento Serie	Pulley Shaft Bearing Mass (kg)
1	Goma	400	10.0	420	1200	110	90	1425	520	23220	426
2	Goma	400	10.0	420	1200	125	100	1435	522	23222	490
3	Goma	400	10.0	420	1200	110	90	1425	520	23220	426
4	Goma	400	10.0	420	1200	110	90	1425	520	23220	426

*Shaft Geometry Details (Tipos de Tambor)*

Tipo	Locking Device	Material del Eje	Tensile Strength (MPa)	Fuerza de Límite Elástico (MPa)	Fuerza de Fatiga (MPa)	Diámetro del Cubo (mm)	Distancia de Centro del Cubo (mm)	Distancia Rodamiento a Filete (mm)	Radio del Filete (mm)	Fuerza de Overhung (kN)	Brazo del momento de Overhung (mm)
1	XT-45	SAE 1045	565.0	310.0	282.5	110	1085	85	30	0.0	0
2	XT-50	SAE 1045	565.0	310.0	282.5	125	1065	93	38	1.1	600
3	XT-45	SAE 1045	565.0	310.0	282.5	110	1085	85	30	0.0	0
4	XT-45	SAE 1045	565.0	310.0	282.5	110	1085	85	30	0.0	0

**Anexo 8. Reporte de cálculo de la faja de alimentación al  
stockpile B**



Sidewinder Conveyor  
Design Software

Cliente	-	Diseñador	Jefferson Flores
Proyecto	-	Compañía	UNI
Transportador	Faja alimentación stockpile B	Archivo	
Sitio	Colombia	Date	Noviembre 10, 2023
Descripción	Faja de alimentación al stockpile para la ubicación B		

### Conveyor Design Information

Método de cálculo..... CEMA 7th (type 1)  
 Longitud del Transportador / Altura..... 293 / 63.6 m  
 Alza de material..... 63.6 m  
 Rango de temperatura ambiente..... 20 a 36 °C

### Características Materiales

Tipo..... Ore Copper  
 Capacidad de Diseño..... 1153 t/h  
 Densidad..... 1600 kg/m<sup>3</sup>  
 Tamaño máximo del terrón..... 300 mm  
 Ángulo de la sobrecarga..... 20 deg

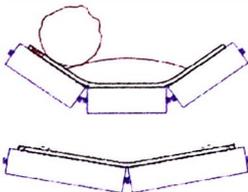
### Características de la Correa

Tipo..... Cuerda de acero  
 Ancho..... 1067 mm  
 Grado..... 800 N/mm  
 Velocidad..... 3.60 m/s  
 Grueso de la cubierta superior/ inferior..... 12.5 x 4.5 mm  
 Grueso total..... 21 mm  
 Peso (nuevo / usado)..... 30.0 / 19.9 kg/m  
 Módulo..... 57,600 kN/m  
 Longitud de la correa..... 615.7 m  
 Ciclo tiempo de la correa..... 171 s

Resumen de Tensión	Corriente	Momentáneo
Máxima tensión (kN)	122	129
Factor de seguridad mínimo	6.97	6.64
Tensión mínima (kN)	28.3	17.8
Flecha máximo de correa (%)	0.47	0.83

### Carga del Rodillos

Masa material (w<sub>m</sub>)..... 89.0 kg/m  
 Combined mass (w<sub>m</sub> + w<sub>b</sub>)..... 118.9 kg/m  
 Distancia de borde (requerido / actual)..... 82 / 212 mm  
 Cross sectional area..... 0.056 m<sup>2</sup>  
 Sección transversal de carga (utilidad / total) 44 % / 31 %  
 Profundidad de la cama..... 125 mm



Tonelaje inundado de la correa..... 3,622 t/h  
 Inundado (w<sub>m</sub> + w<sub>b</sub>)..... 309.4 kg/m

### Datos de las Estación

Sidewinder - v9.33 - Conveyor Design Software  
 Advanced Conveyor Technologies, Inc.

	Superior	Retorno
Nombre de la serie	D5	D5
Número de rodillos	3	2
Ángulo de estación (deg)	35	10
Tipo	Inline	Inline
Espaciamiento de estaciones (m)	1.00	3.00
Número de estaciones	308	96
Diámetro del rodillo	127	127
Rodillo rpm	541	541
Arrastre total (N)	8.0	5.3
Drag range (N)	8.7 - 28.8	5.8 - 19.3
Longitud del rodillo	388	576
Grado (N)	5,338	3,781
Calc Idler Load (N)	1,710	1,076
Min L <sub>10</sub> life (1000 hrs)	350.0	350.0

### Estación de Motor

Tipo..... Variación de velocidad  
 RPM Síncrona..... 1800 RPM  
 Cantidad y calificación de motor..... 1 / 355 kW  
 Energía instalada total..... 355 kW

Tamaño del Marco..... IEC 355L  
 Motor Voltage..... Not Specified  
 Rendimiento..... 94.5 a 97.5%  
 Esfuerzo máximo de torsión de partir..... 97%  
 Start tension / running tension (fl-n case)..... 1.1  
 Inercia - Motor..... 7.9 kg·m<sup>2</sup>  
 Tipo de revestimientos de polea..... Goma  
 Ángulo envolvente del motor..... 193  
 Factor de fricción de revestimiento (correr / aceleración)..... 0.35 / 0.35

Empty demand power (17%)..... 62 kW  
 Full demand power (80%)..... 284 kW  
 Energía mínima (17%)..... 62 kW  
 Energía máxima (88%)..... 311 kW

### Información del Reductor

Fabricación..... N/A  
 Tamaño del marco..... N/A  
 Relación del reductor..... 16.990  
 Relación catálogo del reductor..... 0.000  
 RPM (Alto / Bajo)..... 1800 / 105.94  
 Configuración..... Shaft Mount  
 Número de etapas..... 3  
 Factor de mantenimiento..... 1.4  
 Power rating..... 0

### Datos Tensor



Sidewinder Conveyor  
Design Software

<i>Cliente</i>	-	<i>Diseñador</i>	Jefferson Flores
<i>Proyecto</i>	-	<i>Compañía</i>	UNI
<i>Transportador</i>	Faja alimentación stockpile B	<i>Archivo</i>	
<i>Sitio</i>	Colombia	<i>Date</i>	Noviembre 10, 2023
<i>Descripción</i>	Faja de alimentación al stockpile para la ubicación B		

Tipo..... Gravedad  
Sitio..... Cabeza / Tambor #5  
Tensión requerida a la línea corea ..... 39.1 kN  
Masa del contrapeso ..... 8.0 tónnes

Dislocación requerida del tambor ..... 2.88 m  
Dislocación dinámica (incluido termal) ..... 0.19 m  
Elongación permanente ..... 0.31 m  
Longitud del empalme (2 incluidos) ..... 0.89 m  
Separación ..... 1.50 m

#### Ruedas Antirretroceso

Sitio..... Medio en tambor #3  
Rueda antirretroceso (quantity x type) 1 x Velocidad bajo  
Diámetro del tambor ..... 659 mm  
Load Share Factor % ..... 100  
Factor de Mantenimiento - Alza de Material ..... 1.50  
Factor de Mantenimiento - Motor Rating ..... 1.00  
Criterios de Alza de Material ..... 25,096 N·m  
Motor Torque Criteria ..... 32,485 N·m  
Torque rating at low speed shaft ..... 32,485 N·m

#### Frenos

Tipo freno ..... Ninguna instalada

#### Momento del Motor

100% Momento del Motor - Alta Velocidad ... 1,912 N·m  
Torsión del Eje de Motor - Corriente (FN) ..... 1,532 N·m  
Torsión del Eje de Motor - A Partir (FN) ..... 1,709 N·m

100% Momento del Motor - Velocidad Bajo. 32,485 N·m  
Low Speed Shaft Torque - Corriente (FN) .... 24,689 N·m  
Low Speed Shaft Torque - Corriente (Max) .. 26,825 N·m  
Low Speed Shaft Torque - A Partir (FN) ..... 26,772 N·m  
Low Speed Shaft Torque - A Partir (Max) .... 28,939 N·m

#### Partir y Parar

Control de partir ..... Tiempo fijo  
Tiempo de partir ..... 30.0 s  
Vacío - NF ..... 30.0 s  
Lleno - NF ..... 30.0 s

Control de parada operacional ..... Tiempo fijo  
Duración de parada operacional ..... 60.0 s  
Vacío - NF ..... 60.0 s  
Lleno - NF ..... 60.0 s

Control de parada emergencia ..... Deriva  
Tiempo de parada de emergencia ..... 3.2 a 10.5 s  
Vacío - NF ..... 10.5 s  
Lleno - NF ..... 3.5 s

#### Cocientes de Tensión

Permisible (corriente) ..... 3.25  
Corriente cociente de tensión ..... 3.04  
Permisible (dinámica) ..... 3.25  
A partir cociente de tensión ..... 3.21  
Parada operacional cociente de tensión ..... 2.94

#### Transition Lengths

Transition method ..... CEMA 7  
Longitud de la transición de la cola (en línea) ..... 3.90 m  
Longitud de transición de cabaza (en línea) ..... 7.30 m

#### Estimated Splice Data

Tipo del empalme ..... 1-Paso  
Longitud del paso del empalme ..... 300 mm  
Longitud de transición (each side) ..... 75 mm  
22 degree bias angle ..... 435 mm  
Total splice length ..... 885 mm  
Diámetro del cable ..... 3.5 mm  
Número de cables ..... 62  
Echada del cable / abertura de cable en empalme. 16.61 / 4.74 mm

#### Información Otra

Masa cargada en línea con correa (excepto los motores) ..... 53,724 kg  
Inercia total (ref eje AV) ..... 20.2 kg·m<sup>2</sup>  
Empty beltline mass (excluding motors) ..... 27,298 kg  
<sup>2</sup> Above values are for the FN case

Tonelaje inundado de la correa ..... 3.622 t/h  
Inundado (w<sub>m</sub> + w<sub>b</sub>) ..... 309.4 kg/m

#### Energía de la Demanda

Caso	Motor Nameplate (%)	Energía de la Demanda (kW)
Empty - NF	17.3	62
Full - NF	80.1	284
Full - LF	69.4	246
Full - HF	87.7	311
Custom 1 - NF	29.1	103



Sidewinder Conveyor  
Design Software

Cliente	-	Diseñador	Jefferson Flores
Proyecto	-	Compañía	UNI
Transportador	Faja alimentación stockpile B	Archivo	
Sitio	Colombia	Date	Noviembre 10, 2023
Descripción	Faja de alimentación al stockpile para la ubicación B		

### Din Factor y Masa Equivalente Total

Caso	Din factor	Masa a la línea corea (kg)
Empty - NF	0.0431	48,296
Full - NF	0.0272	74,721
Full - LF	0.0166	68,573
Full - HF	0.0347	75,506
Custom 1 - NF	0.0431	48,296

### Tensiones Máximas de la Correa (kN)

Caso	Corriente	Dinámica
Empty - NF	56.6	59.4
Full - NF	117	123
Full - LF	108	113
Full - HF	122	129
Custom 1 - NF	67.9	74.2

### Factor de Seguridad de la Correa

Caso	Corriente	Dinámica
Empty - NF	15.08	14.38
Full - NF	7.30	6.95
Full - LF	7.92	7.55
Full - HF	6.97	6.64
Custom 1 - NF	12.57	11.50

### Tensiones Mínimas de la Correa (kN)

Caso	Corriente	Dinámica
Empty - NF	28.3	25.4
Full - NF	28.3	18.1
Full - LF	31.4	23.5
Full - HF	28.6	17.8
Custom 1 - NF	28.3	24.3

### Flecha Máximo de Correa (%)

Caso	Corriente	Dinámica
Empty - NF	0.39	0.43
Full - NF	0.47	0.80
Full - LF	0.40	0.57
Full - HF	0.46	0.83
Custom 1 - NF	0.39	0.45

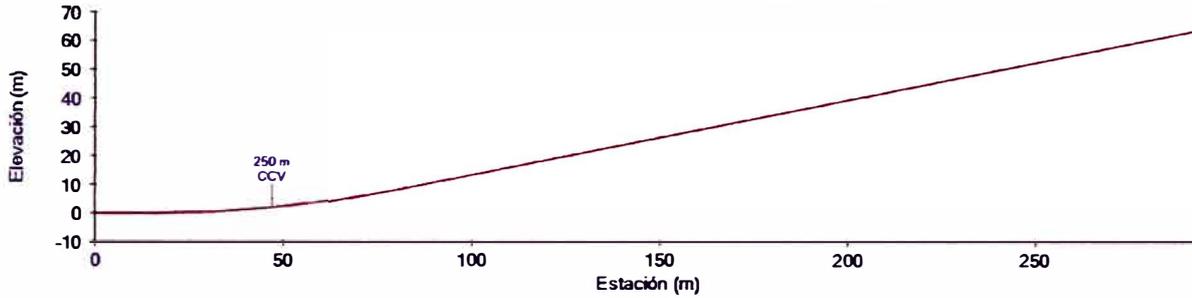


Sidewinder Conveyor  
Design Software

Cliente	-	Disñador	Jefferson Flores
Proyecto	-	Compañía	UNI
Transportador	Faja alimentación stockpile B	Archivo	
Sitio	Colombia	Date	Noviembre 10, 2023
Descripción	Faja de alimentación al stockpile para la ubicación B		

### Perfil del Transportador

Largura total = 293 m - Altura total = 63.6 m - Longitud Verdadera = 301.0 m



### Tambors

Tail Arrangement	Head Arrangement

### Tensiones Máximas de Tambor (without any additional safety factors)

Tambor #	Tipo	Tambor	Revestimiento (deg)	Corriente (kN)			Tensiones Momentáneo (kN)		
				T1	T2	Fuerza Resultante	T1	T2	Fuerza Resultante
1	2-HT	Head Pulley	180	120		243	126		255
2	5-HT	Pulley 2	166		119	237	125		250
3	1-HT	Mtr 1 - Bstp 1	193	120	39.6	159	126	40.0	165
4	3-LT	Pulley 4	103		39.8	62.5	40.1		62.8
5	4-LT	Take-up Pulley	180		39.1	78.7	39.1		78.7
6	3-LT	Pulley 6	104		40.4	64.3	40.4		64.4
7	2-HT	Tail Pulley	180		31.4	63.3	32.2		64.9

T1 & T2 values may not be from the same load cases. Therefore the max resultant force is not the vector sum of these values.



Sidewinder Conveyor  
Design Software

<i>Cliente</i>	-	<i>Diseñador</i>	Jefferson Flores
<i>Proyecto</i>	-	<i>Compañía</i>	UNI
<i>Transportador</i>	Faja alimentación stockpile B	<i>Archivo</i>	
<i>Sitio</i>	Colombia	<i>Date</i>	Noviembre 10, 2023
<i>Descripción</i>	Faja de alimentación al stockpile para la ubicación B		

*Detalles de la Geometría del Tambor (Tipos de Tambor)*

Tipo	Lagging / Pattern Type	Diámetro (mm)	Grueso del Revestimiento (mm)	Diámetro con el Revestimiento (mm)	Ancho de Cara (mm)	Diámetro de Centro del Eje (mm)	Diámetro de Rodamiento (mm)	Distancia de Centros Rodamientos (mm)	Soporte de Pie	Rodamiento Serie	Pulley Shaft Bearing Mass (kg)
1	Goma	630	10.0	650	1200	160	135	1515	530	23230	904
2	Goma	630	10.0	650	1200	200	160	1550	3136	23136	1,166
3	Goma	400	10.0	420	1200	130	110	1460	524	23224	484
4	Goma	500	10.0	520	1200	140	115	1475	526	23226	649
5	Goma	630	10.0	650	1200	180	150	1550	3134	23134	1.009

*Shaft Geometry Details (Tipos de Tambor)*

Tipo	Locking Device	Material del Eje	Tensile Strength (MPa)	Fuerza de Limite Elástico (MPa)	Fuerza de Fatiga (MPa)	Diámetro del Cubo (mm)	Distancia de Centro del Cubo (mm)	Distancia Rodamiento a Filete (mm)	Radio del Filete (mm)	Fuerza de Overhung (kN)	Brazo del momento de Overhung (mm)
1	B-LOC 106	SAE 1045	565.0	310.0	282.5	160	1120	115	38	6.4	850
2	B-LOC 106	SAE 1045	565.0	310.0	282.5	200	1110	125	60	0.0	0
3	B-LOC 106	SAE 1045	565.0	310.0	282.5	130	1110	98	30	0.0	0
4	B-LOC 106	SAE 1045	565.0	310.0	282.5	140	1120	100	38	0.0	0
5	B-LOC 106	SAE 1045	565.0	310.0	282.5	180	1125	120	45	0.0	0

## Anexo 9. Metrado civil para la ubicación A

Ítem	Unidad	Cantidad
<b>PLANTA DE CHANCADO</b>		
<b>CONCRETO</b>		
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS LOCALIZADA</b>		
Excavación para estructuras	m3	344.92
Relleno compactado con material seleccionado	m3	165.49
Eliminación de material sobrante	m3	233.27
Trasporte de material sobrante (< 5 Km)	m3	1,166.34
<b>CONCRETO MAGRO</b>		
Concrete f'c = 10 Mpa	m3	18.76
<b>REINFORCED CONCRETE</b>		
<b>CONCRETE</b>		
Concrete f'c= 28 Mpa - Cimentaciones	m3	100.34
Concrete f'c= 28 Mpa - Pedestales	m3	24.10
Concrete f'c= 28 Mpa - Losa sobre el terreno (Incluye drenaje, sobreespesor y bordillo)	m3	64.09
Concrete f'c= 28 Mpa - Bases de equipos	m3	15.85
Concrete f'c= 28 Mpa - Muros	m3	34.72
<b>FORMWORK</b>		
Suministro y colocación de encofrado para cimentaciones	m2	174.90
Suministro y colocación de encofrado para pedestales	m2	161.31
Suministro y colocación de encofrado para losas sobre el terreno	m2	202.40
Suministro y colocación de encofrado para base de equipos	m2	61.40
Suministro y colocación de encofrado para muros	m2	280.50
<b>ACERO REFORZADO ASTM A615 Gr 60</b>		
Acero reforzado fy=4200 kg/cm2 para cimentaciones	kg	8,027.16
Acero reforzado fy=4200 kg/cm2 para pedestales	kg	5,061.33
Acero reforzado fy=4200 kg/cm2 para losas sobre terreno	kg	6,408.80
Acero reforzado fy=4200 kg/cm2 para base de equipos	kg	1,902.48
Acero reforzado fy=4200 kg/cm2 para muros	kg	4,166.25
<b>ACERO ESTRUCTURAL</b>		
<b>SUMINISTRO, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ACERO ESTRUCTURAL</b>		
Suministro, fabricación y montaje de estructura metálica ligera (menos de 25,00 kg/m)	kg	7,820.97
Suministro, fabricación y montaje de estructura metálica mediana (25 kg/m- 75 kg/m)	kg	20,063.01
Suministro, fabricación y montaje de estructura metálica pesada (75 kg/m-125 kg/m)	kg	36,926.60
Suministro, fabricación y montaje de estructura metálica extrapesada (mayor de 125 kg/m)	kg	59,706.62
Embalaje para transporte	lot	1.00
<b>SUMINISTRO, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE TECHADOS Y CERRAMIENTOS</b>		
Suministro, fabricación y montaje de cubierta metálica tipo TR4. Incluye accesorios de fijación.	m2	38.50
Suministro, fabricación y montaje de cerramiento metálico tipo TR4. Incluye accesorios de fijación.	m2	53.35
<b>MISCELLANEOUS</b>		
Conexiones (10% del peso de la estructura)	kg	12,451.72
Suministro, fabricación y montaje de rejilla metálica de 1 1/4" x 3/16"	m2	259.51
Suministro, fabricación y montaje de barandilla metálica, altura = 1,10 m	kg	7,764.60
Suministro, fabricación y montaje de peldaños de escalera	und	184.00

Ítem	Unidad	Cantidad
<b>FAJAS TRANSPORTADORAS</b>		
<b>CONCRETO</b>		
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS LOCALIZADA</b>		
Excavación para estructuras	m3	423.24
Relleno compactado con material seleccionado	m3	283.50
Eliminación de material sobrante	m3	181.65
Trasporte de material sobrante (< 5 Km)	m3	908.27
<b>CONCRETO MAGRO</b>		
Concrete f'c = 10 Mpa	m3	9.71
<b>REINFORCED CONCRETE</b>		
<b>CONCRETE</b>		
Concrete f'c= 28 Mpa - Cimentaciones	m3	171.78
Concrete f'c= 28 Mpa - Pedestales	m3	34.04
Concrete f'c= 28 Mpa - Losa sobre el terreno (incluye drenaje, sobreespesor y bordillo)	m3	0.00
Concrete f'c= 28 Mpa - Bases de equipos	m3	0.00
Concrete f'c= 28 Mpa - Muros	m3	0.00
<b>FORMWORK</b>		
Suministro y colocación de encofrado para cimentaciones	m2	418.00
Suministro y colocación de encofrado para pedestales	m2	196.84
Suministro y colocación de encofrado para losas sobre el terreno	m2	0.00
Suministro y colocación de encofrado para base de equipos	m2	0.00
Suministro y colocación de encofrado para muros	m2	0.00
<b>ACERO REFORZADO ASTM A615 Gr 60</b>		
Acero reforzado fy=4200 kg/cm2 para cimentaciones	kg	13,742.51
Acero reforzado fy=4200 kg/cm2 para pedestales	kg	7,147.77
Acero reforzado fy=4200 kg/cm2 para losas sobre terreno	kg	0.00
Acero reforzado fy=4200 kg/cm2 para base de equipos	kg	0.00
Acero reforzado fy=4200 kg/cm2 para muros	kg	0.00
<b>ACERO ESTRUCTURAL</b>		
<b>SUMINISTRO, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ACERO ESTRUCTURAL</b>		
Suministro, fabricación y montaje de estructura metálica ligera (menos de 25,00 kg/m)	kg	4,312.36
Suministro, fabricación y montaje de estructura metálica mediana (25 kg/m- 75 kg/m)	kg	7,770.89
Suministro, fabricación y montaje de estructura metálica pesada (75 kg/m-125 kg/m)	kg	1,019.16
Suministro, fabricación y montaje de estructura metálica extrapesada (mayor de 125 kg/m)	kg	3,065.97
Embalaje para transporte	lot	1.00
<b>SUMINISTRO, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE TECHADOS Y CERRAMIENTOS</b>		
Suministro, fabricación y montaje de cubierta metálica tipo TR4. Incluye accesorios de fijación.	m2	0.00
Suministro, fabricación y montaje de cerramiento metálico tipo TR4. Incluye accesorios de fijación.	m2	0.00
<b>MISCELLANEOUS</b>		
<b>Conecciones (10% del peso de la estructura)</b>	kg	1,616.84
Suministro, fabricación y montaje de rejilla metálica de 1 1/4" x 3/16"	m2	38.45
Suministro, fabricación y montaje de barandilla metálica, altura = 1,10 m	kg	1,559.00
Suministro, fabricación y montaje de peldaños de escalera	und	40.00

## Anexo 10. Metrado civil para la ubicación B

Ítem	Unidad	Cantidad
<b>PLANTA DE CHANCADO</b>		
<b>CONCRETO</b>		
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS LOCALIZADA</b>		
Excavación para estructuras	m3	352.37
Relleno compactado con material seleccionado	m3	167.91
Eliminación de material sobrante	m3	239.81
Trasporte de material sobrante (< 5 Km)	m3	1,199.03
<b>CONCRETO MAGRO</b>		
Concrete f'c = 10 Mpa	m3	26.95
<b>REINFORCED CONCRETE</b>		
<b>CONCRETE</b>		
Concrete f'c= 28 Mpa - Cimentaciones	m3	103.22
Concrete f'c= 28 Mpa - Pedestales	m3	24.75
Concrete f'c= 28 Mpa - Losa sobre el terreno (incluye drenaje, sobreespesor y bordillo)	m3	83.71
Concrete f'c= 28 Mpa - Bases de equipos	m3	15.85
Concrete f'c= 28 Mpa - Muros	m3	34.72
<b>FORMWORK</b>		
Suministro y colocación de encofrado para cimentaciones	m2	174.90
Suministro y colocación de encofrado para pedestales	m2	161.31
Suministro y colocación de encofrado para losas sobre el terreno	m2	336.29
Suministro y colocación de encofrado para base de equipos	m2	61.40
Suministro y colocación de encofrado para muros	m2	280.50
<b>ACERO REFORZADO ASTM A615 Gr 60</b>		
Acero reforzado fy=4200 kg/cm2 para cimentaciones	kg	8,257.80
Acero reforzado fy=4200 kg/cm2 para pedestales	kg	5,197.83
Acero reforzado fy=4200 kg/cm2 para losas sobre terreno	kg	8,371.12
Acero reforzado fy=4200 kg/cm2 para base de equipos	kg	1,902.48
Acero reforzado fy=4200 kg/cm2 para muros	kg	4,166.25
<b>ACERO ESTRUCTURAL</b>		
<b>SUMINISTRO, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ACERO ESTRUCTURAL</b>		
Suministro, fabricación y montaje de estructura metálica ligera (menos de 25,00 kg/m)	kg	7,820.97
Suministro, fabricación y montaje de estructura metálica mediana (25 kg/m-75 kg/m)	kg	20,063.01
Suministro, fabricación y montaje de estructura metálica pesada (75 kg/m-125 kg/m)	kg	36,926.60
Suministro, fabricación y montaje de estructura metálica extrapesada (mayor de 125 kg/m)	kg	59,706.62
Embalaje para transporte	lot	1.00
<b>SUMINISTRO, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE TECHADOS Y CERRAMIENTOS</b>		
Suministro, fabricación y montaje de cubierta metálica tipo TR4. Incluye accesorios de fijación.	m2	38.50
Suministro, fabricación y montaje de cerramiento metálico tipo TR4. Incluye accesorios de fijación.	m2	53.35
<b>MISCELLANEOUS</b>		
Conecciones (10% del peso de la estructura)	kg	12,451.72
Suministro, fabricación y montaje de rejilla metálica de 1 1/4" x 3/16"	m2	259.51
Suministro, fabricación y montaje de barandilla metálica, altura = 1,10 m	kg	7,764.60
Suministro, fabricación y montaje de peldaños de escalera	und	184.00

Ítem	Unidad	Cantidad
<b>FAJAS TRANSPORTADORAS</b>		
<b>CONCRETO</b>		
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS LOCALIZADA</b>		
Excavación para estructuras	m3	297.46
Relleno compactado con material seleccionado	m3	195.03
Eliminación de material sobrante	m3	133.16
Trasporte de material sobrante (< 5 Km)	m3	665.80
<b>CONCRETO MAGRO</b>		
Concrete f'c = 10 Mpa	m3	6.91
<b>REINFORCED CONCRETE</b>		
<b>CONCRETE</b>		
Concrete f'c= 28 Mpa - Cimentaciones	m3	95.15
Concrete f'c= 28 Mpa - Pedestales	m3	26.42
Concrete f'c= 28 Mpa - Losa sobre el terreno (incluye drenaje, sobreespesor y bordillo)	m3	0.00
Concrete f'c= 28 Mpa - Bases de equipos	m3	0.00
Concrete f'c= 28 Mpa - Muros	m3	0.00
<b>FORMWORK</b>		
Suministro y colocación de encofrado para cimentaciones	m2	171.66
Suministro y colocación de encofrado para pedestales	m2	152.60
Suministro y colocación de encofrado para losas sobre el terreno	m2	0.00
Suministro y colocación de encofrado para base de equipos	m2	0.00
Suministro y colocación de encofrado para muros	m2	0.00
<b>ACERO REFORZADO ASTM A615 Gr 60</b>		
Acero reforzado fy=4200 kg/cm2 para cimentaciones	kg	7,611.79
Acero reforzado fy=4200 kg/cm2 para pedestales	kg	5,547.15
Acero reforzado fy=4200 kg/cm2 para losas sobre terreno	kg	0.00
Acero reforzado fy=4200 kg/cm2 para base de equipos	kg	0.00
Acero reforzado fy=4200 kg/cm2 para muros	kg	0.00
<b>ACERO ESTRUCTURAL</b>		
<b>SUMINISTRO, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ACERO ESTRUCTURAL</b>		
Suministro, fabricación y montaje de estructura metálica ligera (menos de 25,00 kg/m)	kg	4,312.36
Suministro, fabricación y montaje de estructura metálica mediana (25 kg/m-75 kg/m)	kg	7,770.89
Suministro, fabricación y montaje de estructura metálica pesada (75 kg/m-125 kg/m)	kg	1,019.16
Suministro, fabricación y montaje de estructura metálica extrapesada (mayor de 125 kg/m)	kg	3,065.97
Embalaje para transporte	lot	1.00
<b>SUMINISTRO, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE TECHADOS Y CERRAMIENTOS</b>		
Suministro, fabricación y montaje de cubierta metálica tipo TR4. Incluye accesorios de fijación.	m2	0.00
Suministro, fabricación y montaje de cerramiento metálico tipo TR4. Incluye accesorios de fijación.	m2	0.00
<b>MISCELLANEOUS</b>		
Conecciones (10% del peso de la estructura)	kg	1,616.84
Suministro, fabricación y montaje de rejilla metálica de 1 1/4" x 3/16"	m2	38.45
Suministro, fabricación y montaje de barandilla metálica, altura = 1,10 m	kg	1,559.00
Suministro, fabricación y montaje de peldaños de escalera	und	40.00