

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Propuesta del instrumento Side Travel en la faja
transportadora de mineral en el área de chancado
Pebbles en Antamina, 2023**

Edinson Alfredo Mendoza Alderete

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTO

A Dios, Padre Celestial, por guiarme durante este proceso y por permitirme seguir adelante al camino del éxito.

A la empresa minera Antamina y, la empresa contratista a la que pertenezco, por brindar el acceso y facilidad para la obtención de datos para la investigación.

Además, manifestar mi agradecimiento a la Universidad Continental, por haber contribuido en mi formación académica y profesional.

Mi agradecimiento al asesor quien con sus sugerencias y valiosos aportes que me permitió la culminación del presente trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres, por su apoyo incondicional, especialmente, a mi madre, que siempre me ha enseñado a superarme en la vida y por desearme lo mejor en cada paso logrado.

A mí, por el esfuerzo y determinación para cumplir con mis responsabilidades y objetivos logrados en mi estudio y trabajo.

ÍNDICE

Agradecimiento	ii
Dedicatoria	iii
Índice.....	iv
Índice de figuras.....	viii
Índice de tablas.....	ix
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
Introducción	xii
CAPÍTULO I.....	13
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	13
1.1. Planteamiento y formulación del problema	13
1.1.1. Formulación del problema	14
1.1.1.1. Problema general	14
1.1.1.2. Problemas específicos	14
1.2. Objetivos	14
1.2.1. Objetivo general.....	14
1.2.2. Objetivos específicos	14
1.3. Justificación.....	14
1.3.1. Justificación social	14
1.3.2. Justificación teórica	15
1.3.3. Justificación económica	15
1.3.4. Justificación metodológica.....	15
1.4. Importancia	15
1.5. Hipótesis y descripción de variables	15
1.5.1. Hipótesis	15
1.5.1.1. Hipótesis general.....	15
1.5.1.2. Hipótesis específicas	16
1.6. Descripción de variables	16
1.6.1. Variable independiente (x):.....	16
1.6.2. Variable dependiente (y):.....	16
1.6.3. Operacionalización de variables	17
CAPÍTULO II	18
MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes del problema	18
2.1.1. Antecedentes internacionales	18

2.1.2. Antecedentes nacionales	20
2.2. Bases teóricas	22
2.2.1. Composición de las fajas transportadoras de la planta PEBBLES	22
2.2.2. Requerimientos para la implementación de las fajas transportadoras con el sistema side travel en la chancadora Pebbles.....	23
2.2.2.1. Descripción de los interruptores.....	23
2.2.2.2. Coordinación de las actividades de mantenimiento en la faja transportadora del área de chancado Pebbles.....	24
2.2.2.3. Instrucciones de seguridad para el mantenimiento y operación de la faja transportada del área de chancado Pebbles	24
2.2.2.4. Instrucciones de trabajo general en la faja transportadora	25
2.2.3. Cuadro de codificación de dispositivos	25
2.2.3.1. Dispositivos de interrupción y censo asociados a las fajas transportadoras	25
2.2.3.2. Descripción de los dispositivos de interrupción y censados asociados a las fajas transportadoras	26
2.2.4. Criterios de mantenimiento aplicables a la instrumentación de la faja transportadora en el área de chancado Pebbles.....	26
2.2.4.1. Sistema de parada de emergencia	26
2.2.4.2. Sistema de detección de desviación de faja	27
2.2.4.3. Sistema de verificación de velocidad.....	29
2.2.4.4. Sensor de temperatura (RTD)	31
2.2.5. Automatización en las compañías mineras y procesos aplicables en la investigación	32
2.2.6. Monitoreo de cintas transportadoras	34
2.2.6.1. Aplicación	34
2.2.6.2. Ventajas.....	35
2.2.6.3. Equipos y dispositivos que se tienen en cuenta en el monitoreo de fajas transportadoras.....	35
2.2.6.4. Interruptor de desalineación de fajas transportadoras	35
2.2.6.5. Interruptor de tracción de seguridad para apagado normal o de emergencia	37
2.2.6.6. Monitor de velocidad EDX4	39
2.2.7. Compañía minera Antamina S. A.	41
2.2.7.1. Historia y evolución	41
2.2.7.2. Ubicación geográfica	41
2.2.7.3. Organización y estructura	42

CAPÍTULO III.....	43
METODOLOGÍA.....	43
3.1. Método, tipo y nivel de la investigación	43
3.1.1. Tipo.....	43
3.1.1.1. La investigación es de tipo básica.....	43
3.1.2. Nivel.....	43
3.1.2.1. La investigación es del nivel descriptivo	43
3.1.3. Método	43
3.1.3.1. Método general	43
3.1.3.2. Método específico	44
3.1. Diseño y esquema de la investigación.....	44
3.2. Población, muestra y técnica de muestreo	44
3.2.1. Población	44
3.2.2. Muestra	45
3.2.3. Tipo de muestreo	45
3.3. Técnica e instrumento de acopio de datos.....	45
3.3.1. Técnica de fichaje	45
3.3.2. Técnica de registros	45
3.3.2.1. Observación	45
3.4. Técnicas de procesamiento de datos	45
CAPÍTULO IV	46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1. Resultados, prueba de hipótesis e interrelación.....	46
4.1.1. Procesamiento de información.....	46
4.1.2. Cuadro comparativo de productividad (material transportado) entre los dispositivos de protección de fajas transportadoras side travel y SRT – 170	46
4.1.3. Cuadro comparativo de cobertura (eficiencia y lectura) entre los dispositivos de protección de fajas transportadoras side travel y SRT – 170	47
4.1.4. Análisis bivariado	47
4.1.4.1. Análisis de los estadísticos descriptivos de la variable de productividad de los dispositivos side travel y SRT – 170	47
4.1.4.2. Análisis de los estadísticos descriptivos de la variable de cobertura de los dispositivos side travel y SRT – 170.....	48
4.2. Prueba de hipótesis.....	49
4.2.1. Planteamiento de las hipótesis	49
4.2.1.1. Hipótesis general.....	49
4.2.2. Hipótesis específica	49

4.2.2.2. Cobertura.....	49
4.2.3. Prueba t de Student para las 2 muestras relacionadas	50
4.3. Resultados de las pruebas de hipótesis.....	52
4.3.1. Toma de decisiones.....	52
4.3.2. Hipótesis general: productividad	52
4.3.3. Hipótesis específica: cobertura	52
4.4. Resultados de relación porcentual.....	52
4.4.1. Productividad de ambos dispositivos.....	52
4.4.2. Cobertura de ambos dispositivos	53
Conclusiones.....	54
Lista de referencias.....	56
Anexos.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de componentes en la faja transportadora.....	23
Figura 2. Diagrama de listado de arreglos y estructura de faja transportadora.....	24
Figura 3. Sistema de detección de desviación de faja side travel	28
Figura 4. Sistema de verificación de velocidad	30
Figura 5. Sistema de sensor de temperatura.....	31
Figura 6. Diagrama de interruptor de desalineamiento de faja	37
Figura 7. Diagrama de interruptor de apagado de emergencia	39
Figura 8. Diagrama de controlador de velocidad de faja EDX4	40
Figura 9. Diagrama de conexonado de controlador de velocidad de faja EDX4.....	41
Figura 10. Organización de la compañía minera Antamina.....	42
Figura 11. Esquema general de correlación	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	17
Tabla 2. Dispositivos asociados a la faja transportadora	25
Tabla 3. Descripción de los dispositivos de interrupción y censado, asociados a la faja transportadora	26
Tabla 4. Mantenimiento del sistema de parada.....	27
Tabla 5. Mantenimiento del sistema de desviación de faja.....	29
Tabla 6. Mantenimiento del sistema de verificación de velocidad	30
Tabla 7. Mantenimiento del sensor de temperatura	32
Tabla 8. Especificaciones técnicas del interruptor de desalineación	37
Tabla 9. Especificaciones técnicas del interruptor de desalineación	38
Tabla 10. Estadísticos descriptivos de la productividad side travel.....	47
Tabla 11. Estadísticos descriptivos de la productividad SRT – 170	48
Tabla 12. Estadísticos descriptivos de cobertura side travel.....	48
Tabla 13. Estadísticos descriptivos de cobertura xSRT – 170	49
Tabla 14. Análisis de los datos de salida de la prueba t de Student	50
Tabla 15. Análisis de los datos de correlación de la prueba t de Student	51
Tabla 16. Prueba t de Student para muestras emparejadas	51
Tabla 17. Prueba de hipótesis de la productividad.....	52
Tabla 18. Prueba de hipótesis de la cobertura.....	52
Tabla 19. Relación proporcional de productividad	53
Tabla 20. Relación proporcional de cobertura	53

RESUMEN

La investigación responde a la siguiente interrogante ¿Cómo influye el instrumento “*Side travel*” en el transporte de mineral en el área de chancado Pebbles en Antamina, 2023?, como objetivo principal pretende determinar la influencia del instrumento “*Side travel*” en el transporte de mineral en el área de chancado Pebbles en Antamina, 2023, y como hipótesis se asume que el instrumento “*Side travel*” influye positivamente en el transporte de mineral en el área de chancado Pebbles en Antamina, 2023. El diseño fue el descriptivo correlacional, la muestra fue unitaria, estuvo constituida por la utilización del instrumento *Side travel* para transportar mineral en el área de chancado Pebbles en Antamina. Se concluye que el instrumento “*Side travel*” influye positivamente en la producción y transporte de mineral en el área de chancado de Pebbles de Antamina, 2023. A través de pruebas de hipótesis donde resultó ser significativa la varianza de productividad establecida, así mismo, la instalación del instrumento *Side travel* garantiza la productividad minera de la Antamina y mejora la confiabilidad del sistema de fajas de transporte.

Palabras claves: fajas de transporte, instrumento “side travel”, minera Antamina

ABSTRACT

The investigation answers the following question: how does the "side travel" instrument influence the transport of ore in the Pebbles crushing area in Antamina, 2023? The main objective is to determine the influence of the "side travel" instrument on the transport of ore in the Pebbles crushing area in Antamina, 2023, and as a hypothesis it is assumed that the "side travel" instrument positively influences the transport of ore in the Pebbles crushing area in Antamina, 2023. The design was correlational descriptive, the sample is unitary, it was constituted by the use of the side travel instrument to transport ore in the Pebbles crushing area in Antamina. It is concluded that the "side travel" instrument positively influences the production and transport of ore in the crushing area of Pebbles de Antamina, 2023. Through hypothesis tests where the established productivity variance turned out to be significant, likewise, the Installation of the side travel instrument guarantees the mining productivity of Antamina and improves the reliability of the transport belt system.

Keywords: mining company Antamina S. A., "side travel" instrument, transport belts

INTRODUCCIÓN

La investigación titulada “*Propuesta del instrumento Side travel en la faja transportadora de mineral en el área de chancado Pebbles en Antamina, 2023*”, enfoca el problema centrado en la automatización y utilización del instrumento *Side travel* en la faja transportadora del área de chancado donde se detectaron problemas relacionados a la eficiencia y productividad relacionados con el método de transporte de mineral actual, debido a esta situación se plantean nuevas alternativas relacionadas a la eficiencia que garanticen estándares de calidad y ganancias.

Asimismo, la investigación fue importante por sus resultados, que mostraron la efectividad del instrumento “*side travel*” en el transporte de mineral en el área de Chancado, para dar sustento a lo anteriormente planteado. La presente investigación se rige a la siguiente estructura:

Capítulo I, se presenta el planteamiento y formulación del problema, objetivos, hipótesis, justificación, importancia y los alcances de la investigación.

Capítulo II, trata de los antecedentes del problema, antecedentes nacionales e internacionales, el marco y bases teóricas de la investigación que comprenden temas relacionados a las variables del instrumento *side travel* y a la faja transportadora de mineral, aspectos generales del área de estudio, y definición de términos básicos.

Capítulo III, se describe la metodología, tipo, nivel, método y diseño de la investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos: técnicas, instrumentos y técnica de procesamiento y análisis de datos.

Capítulo IV, se dan a conocer resultados y discusión, resultados del tratamiento y análisis de la información, contrastación de la hipótesis general y la prueba de hipótesis específicas y finalmente la discusión e interpretación de resultados de la influencia de la utilización del instrumento “*side travel*” en la faja transportadora de mineral en el área de chancado Pebbles en Antamina, 2023.

Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones, lista de referencias y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

Actualmente, las empresas mineras, incluyendo la minería Antamina S. A., invierten en fajas transportadoras con el fin supremo de mejorar la producción de un determinado mineral en las distintas áreas que lo componen, para conocer dicho estándar es vital saber algunos requerimientos importantes para su diseño, como el ángulo de inclinación, el peso que se transporta, el material que se transporta, el flujo del material a transportar, densidad, abrasividad, temperatura y cantidades que influyen en la cantidad de material que se transporta y, por consiguiente, el estudio de estas variables da como resultado el nivel de productividad que justifica la inversión en estas maquinarias.

Al respecto, aún no hay investigaciones que afirmen o nieguen lo mencionado, de ahí la importancia del presente trabajo. En el Perú, para afianzar la sostenibilidad de la economía minera es vital garantizar un buen nivel de producción y es ahí donde radica la base de la presente investigación, centrados en la mejora de la productividad en las fajas transportadoras basadas en la utilización del instrumento de lectura y contingencias de desviación en fajas transportadoras que se plantea utilizar en la compañía minera Antamina S. A.

En ese sentido y con el objetivo de dar consistencia teórica y empírica a la investigación, se plantea el problema general y específico enfocado en la premisa descrita en líneas anteriores.

1.1.1. Formulación del problema

1.1.1.1. Problema general

¿Cómo influye el instrumento “*side travel*” en el transporte de mineral en el área de chancado Pebbles en Antamina, 2023?

1.1.1.2. Problemas específicos

¿Cuál es la situación actual de las fajas transportadoras en el área de chancado Pebbles en Antamina, 2023?

¿Qué resultados tiene la incorporación del instrumento “*side travel*” en el transporte de mineral en el área de chancado Pebbles en Antamina, 2023?

¿Qué importante es la utilización del instrumento “*side travel*” en el transporte de mineral en el área de chancado Pebbles en Antamina, 2023?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la utilización del instrumento “*side travel*” en el transporte de mineral en el área de chancado Pebbles en Antamina, 2023.

1.2.2. Objetivos específicos

Evaluar la situación actual de las fajas transportadoras en el área de chancado Pebbles en Antamina, 2023.

Evaluar los resultados de la utilización del instrumento “*side travel*” en el transporte de mineral en el área de chancado Pebbles en Antamina, 2023.

Evaluar la importancia de la utilización del instrumento “*side travel*” en el transporte de mineral en el área de chancado Pebbles en Antamina, 2023.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación social

El presente estudio descriptivo se enmarca en instancias sociales, puesto que la productividad minera conlleva progreso y beneficios económicos al mejorar los índices de producción, de tal manera que, beneficia la rentabilidad aumentando así la previsibilidad y la seguridad con operaciones autónomas (1).

1.3.2. Justificación teórica

El objetivo de esta investigación es aplicar la teoría aprendida en la escuela académico profesional (EAP) mediante el estudio, así como las referencias encontradas para sustentar teóricamente esta investigación, haciendo factible su análisis e impacto, permitiendo observar los beneficios en el área de chancado Pebbles en la compañía minera Antamina S. A.

1.3.3. Justificación económica

El presente trabajo busca ahorrar tiempo y dinero, a la vez que, aumenta la previsibilidad y la seguridad. Por otra parte, el instrumento a utilizar conlleva beneficios económicos relacionados a la inversión en camiones e impacto ecológico que genera la no aplicación de esta tecnología.

1.3.4. Justificación metodológica

En la investigación se hace evidencia de metodologías y modelos de estudio que caracterizan a la investigación. De tal forma que, las aplicaciones de estos principios sostienen los soportes teóricos del proyecto y por consiguiente que lo acrediten.

1.4. Importancia

La importancia de este proyecto radica en que, como se evidencia el uso continuo de fajas transportadoras reducen el gasto en camiones y equipos de transporte para desmonte, disminuyendo el impacto ambiental, de modo tal que, conlleva a mejores resultados relacionados a su productividad y eficiencia.

El proyecto que se plantea cumple con dichas expectativas, además que hace más eficiente y confiable el uso de fajas transportadores, puesto que, el instrumento *side travel* influye directamente en la marcha de la faja transportadora al controlar el desplazamiento angular y por consiguiente la pérdida de centrado en la faja transportadora, de modo tal que, aumenta su tiempo de vida y su confiabilidad.

1.5. Hipótesis y descripción de variables

1.5.1. Hipótesis

1.5.1.1. Hipótesis general

La influencia de la utilización del instrumento “*side travel*” en el transporte de mineral en el área de chancado Pebbles en Antamina, 2023, es positivo.

1.5.1.2. Hipótesis específicas

La situación actual de las fajas transportadoras en el área de chancado Pebbles en Antamina, 2023, son deficientes.

Los resultados de la utilización del instrumento “*side travel*” en el transporte de mineral en el área de chancado Pebbles en Antamina, 2023, es positivo.

La importancia de la utilización del instrumento “*side travel*” en el transporte de mineral en el área de chancado Pebbles en Antamina, 2023, es positiva.

1.6. Descripción de variables

1.6.1. Variable independiente (x):

Instrumento *side travel*

1.6.2. Variable dependiente (y):

Faja transportadora de mineral

1.6.3. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variable independiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumento
Instrumento <i>side travel</i>	Es un interruptor de desalineación de fajas. El modo de montaje es debajo de la línea de faja y se ajusta a modo de brazo giratorio, de modo tal que, cuando este detecta un contacto entre la faja y el brazo lanza señales de alarma.	kg/día	Productividad	Numérica
		%	Eficiencia	Numérica
		Adimensional	Calidad del servicio	Descriptivo
Variable dependiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumento
Faja transportadora de mineral	Se refiere a una maquinaria electromecánica de transporte continuo que se mueve por medio de dos o más tambores y el movimiento se produce mediante la fricción que tienen estos componentes.	kg/h	Productividad	Numérica
		Días	Tiempo	Numérica
		kg	Masa	Numérica

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Se revisaron diferentes tesis de páginas webs como Alicia, Scielo, Redalyc acerca del tema, para así obtener más información y ver los diferentes puntos de vista, a nivel nacional e internacional.

2.1.1. Antecedentes internacionales

En la investigación “*Red reconfigurable mediante el modelo de control predictivo para tres bandas transportadoras como caso de estudio*” se plantea la estrategia de codiseño para un ambiente distribuido y reconfigurable, utilizando aproximaciones y estrategias de planificación en tiempo real. Se aplica la propuesta al estudio de tres bandas transportadoras y se integra al comportamiento un diseño de control usando el modelo de control predictivo. El acotamiento del tiempo de retardo y el cambio entre escenarios con base a máquinas de estados finitos, permite que estos retardos de tiempo sean conocidos y pseudodinámicos. Se concluye que, la estrategia de reconfiguración + modelado + diseño cumple con las expectativas de mantener un cierto desempeño aun cuando existan incertidumbres debido a los retardos (1).

En la investigación “*Diseño y construcción de prototipo de máquina clasificadora de quinua por color usando sensores IR*” se explica que, en algunas empresas vienen utilizando máquinas clasificadoras para quinua que son adaptadas de otros cereales, cuyo funcionamiento no garantiza la eficiencia deseada. El propósito del estudio fue diseñar y construir un prototipo de máquina que clasifique los granos de quinua según el color deseado. Las partes principales de la máquina incluyen el diseño de la estructura mecánica que comprende tres zonas: alimentación, transporte, proceso y almacenamiento. Las piezas fueron construidas con

materiales de acero y algunas piezas con filamento PLA fabricadas con impresora 3D; sistema de control electrónico, utilizando un microcontrolador para la adaptación de la señal de sensor IR y controlar los electro actuadores para la selección de quinuas homogéneas según los parámetros de colores permitidos; y control de funcionamiento mecánico, utilizando dos motores, una para la dosificación de los granos de quinua y otra para el movimiento de la faja transportadora. Para conseguir el mejor rendimiento, se realizaron ajustes respecto a la velocidad y cantidad de quinuas, estableciendo a 24 hileras con una elevación de 22 grados respecto al eje horizontal, habiéndose conseguido la meta de 5 kg por hora y obtenido la homogeneidad de los granos de quinua con alta eficiencia y de mejor calidad para su comercialización (2).

En la investigación *“Implementación de un sistema automatizado para máquinas industriales: una revisión sistemática”* se tiene como objetivo la implementación de fajas transportadoras en una planta industrial. Siendo de gran importancia su implementación para poder evitar accidentes, mejorar la rentabilidad y producción de la empresa. Para ello, se realizaron las revisiones en buscadores web autorizados como Ebsco, Redalyc, Scielo, Google académico. Para lo cual, se utilizaron las palabras clave: automatización e implementación, innovación, fajas transportadoras y mejoramiento de la producción. Así mismo, se procede a evaluar los criterios de inclusión y exclusión para así poder hacer el descarte de artículos por año, país, autor e idioma. Después del descarte dio como resultado la elección de 10 artículos que están basados en el tema mencionado. Cada búsqueda en las herramientas web brindó como resultado una información específica que existe en la automatización e implementación de fajas transportadoras, dado que, existe deficiencia en la producción y aumento de riesgos para los trabajadores de muchas empresas de hoy en día. Hay muchas empresas que no cuentan con dicha implementación de las fajas transportadoras y eso provoca la disminución de la productividad de las empresas, es por lo que, si se realiza un estudio detallado de la implementación de fajas transportadoras, seria específicamente para optimizar los tiempos de la producción y como resultado mejorar la rentabilidad de la empresa (3).

En la investigación *“Diseño de una banda transportadora semiautomática para la fabricación de tanques de combustible de vehículos de carga”* se indicó que para la fabricación de tanques de combustible de aluminio se tiene una línea de proceso formada por diferentes estaciones de trabajo, en estas estaciones los tiempos de trabajo de manufactura del tanque son diferentes, provocando retardos y tiempos muertos en cada una de ellas, el transporte entre cada estación es sobre un riel discontinuo donde el tanque es jalado por el operario y cargado para colocarlo en la siguiente parte del riel, durante esta acción el tiempo de producción se incrementa y el tanque sufre daños físicos producidos por el arrastre a través del riel. Por lo

que, es necesario establecer un modelo de balance de faja donde la propuesta del diseño de la banda transportadora reducirá los tiempos de transporte entre cada estación de trabajo, eliminando los movimientos innecesarios y aumentando la movilidad en cada estación de trabajo, reduciendo el maltrato del tanque producido por el mal manejo a través del riel, evitando accidentes durante su transporte y, por consecuencia, el incremento en la producción de tanques (4).

En la investigación *“Implementación de un modelo de planeación de los procesos de fabricación de bandas transportadoras metálicas y programación de la fabricación de espirales para mejorar el desempeño de ingeniería industrial y comercial de Colombia Ltda.”*, se indicó que, para obtener un eficiente desempeño dentro de una empresa, es vital la administración y distribución de los materiales, maquinaria y mano de obra. Existe un recurso adicional a los tres mencionados anteriormente, el tiempo, que determina la utilización de dichos recursos al impactar directamente la producción, tanto en la planeación como en la programación y que, de acuerdo con el modelo de producción de la empresa y recurriendo a los datos históricos de ventas, se realizó un análisis del comportamiento de estas con el fin de proponer el mejor modelo de aplicación para realizar los procesos de planeación y programación de la producción de manera formal y confiable para tener una respuesta clara frente al cliente (5).

2.1.2. Antecedentes nacionales

En la investigación *“Análisis para la implementación de una banda transportadora para mineral en el circuito de chancado de la Cía. minera Maperu”* se indica que la necesidad de la empresa Milpo Andina Perú, fue de elevar la producción anual debido a la creciente demanda del concentrado de zinc, plomo y cobre en el exterior, para ello se ha visto por conveniente incrementar la capacidad de carga en las fajas transportadoras del circuito denominado “ampliación hacia 7500 TMh” que está compuesto en el circuito de chancado con una nueva zaranda secundaria de clasificación, una chancadora terciaria, una faja para el transporte de gruesos, incrementando la capacidad; el circuito de chancado está compuesto por una chancadora primaria, dos chancadoras secundarias, una zaranda primaria, dos zarandas secundarias y nueve fajas transportadoras; estas transportan la carga de mineral desde la chancadora primaria 1 en la mina hasta el stock de la cancha de concentrado de gruesos con una longitud aproximada de 10 km (6).

En la investigación *“Diseño de un módulo de enseñanza del sistema motriz de fajas transportadoras”* enmarca que se tiene como propósito diseñar un módulo de

enseñanza del sistema motriz de fajas transportadoras, con el objeto de analizar su comportamiento bajo la variación de algunos parámetros de trabajo. Se hace una descripción y análisis de su comportamiento, trabajando en condiciones de diseño, y variando dichas condiciones en rangos que el equipo pueda soportar (7).

En la investigación “*Diseño del tramo de descarga de una faja transportadora tipo troughed de 26 m de longitud y ancho de correa de 48 pulgadas evaluada por CEMA standard 550*” se indica que el enfoque de la investigación se orienta al diseño de una faja transportadora horizontal (tramo de descarga) mas no en los elementos de máquinas, porque el aporte se da en la configuración y selección de frames, correas, rodillos y correas; esto es porque el tema en sí es específico, porque un diseño general sería muy laborioso y tomaría varias ramas involucradas. El diseño del soporte que se realiza en la faja horizontal toma mayor énfasis en el análisis de velocidad de deslizamiento y uniones empernadas, pero también se utiliza el conocimiento de las asignaturas en pregrado, pero el análisis crítico se realiza en el criterio de cortante, porque como soporta cargas dinámicas es más probable que se dé la falla en este tipo de unión. El presente proyecto se elabora con los métodos de diseño, comenzando con los datos aproximados de las tensiones en la correa horizontal tomados en campo, es decir, una medición aproximada de las medidas (tensiones y dimensiones), tolerancias, perfiles, entre otros, esto no quiere decir que sea una copia, ya que los diseños vistos son para mejorar, dando así medidas y selección de elementos; el fin de este trabajo es dar un aporte utilizando las herramientas como son el software, normas, el estándar CEMA 550, conocimientos vistos en pregrado en lo que es la asignatura de Resistencia de Materiales, diseño de equipos de transporte de materiales, estructuras de acero, dando así la aplicación correspondiente. El desarrollo de la tesis se basa en la selección de componentes de la estructura y partes del transportador, ya que se consideran cargas dinámicas que son por las cargas de impacto en movimiento del mineral o material. El uso de la norma técnica peruana ayuda a definir las cargas como son la carga muerta, viva, viento, sismo, nieve, entre otros (8).

En la investigación “*Diseño e implementación de un prototipo para automatizar el proceso de traslado de minerales a un almacén de concentrados mediante fajas transportadoras, utilizando el controlador Simatic S7 1200 en el año 2021*” se enmarcó el objetivo general que fue diseñar e implementar un prototipo para automatizar el proceso de transporte de mineral mediante fajas transportadoras; como objetivos específicos se tuvo determinar los parámetros, las variables de ingeniería, y la tecnología de automatización para controlar automáticamente el proceso de fajas

transportadoras basado en un PLC. El tipo de investigación fue aplicada y su diseño fue experimental, porque se efectuó la implementación a través de un prototipo. La metodología seguida consistió en elegir una plataforma tecnológica Siemens; se determinó el esquema y modo de control, determinando los componentes de cada elemento necesario para el funcionamiento de la faja transportadora; se elaboraron los diagramas de flujo, diagramas de conexiones, diagramas de mando y fuerza, cuya configuración se realizó mediante la plataforma TIA Portal V15. El protocolo de comunicación Profinet permite realizar el control y supervisión del proceso de manera local y remota, asimismo, el controlador y la interfaz tomarán control de los dispositivos mecánicos, eléctricos y electrónicos instalados en los dos prototipos de fajas transportadoras. Se determinaron los parámetros y variables que permitieron controlar automáticamente el proceso de traslado de minerales mediante fajas transportadoras y se verificó su operatividad (9).

En la investigación “*Diseño de una faja transportadora de 150 m para 60 t/h de bagazo de caña de azúcar*” se diseñaron y seleccionaron los componentes mecánicos de una faja transportadora de 150 m de longitud, para transporte de bagazo de caña de azúcar a una capacidad de 60 t/h en la empresa Agrolmos S. A. A., para así poder evacuar dicho material a los pozos de compostaje. Este trabajo está basado en la metodología de diseño de fajas transportadoras por la “Asociación de fabricantes de equipos de transporte” (CEMA) y la utilización del programa de ingeniería “SolidWorks” como una herramienta de ayuda para análisis estático de la estructura del transportador (10).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Composición de las fajas transportadoras de la planta PEBBLES

La correa transportadora se apoya en rodillos de carga, los que se encuentran distribuidas en estaciones de polines, cuya configuración normal se compone de un polín horizontal y dos polines inclinados en un ángulo de 45°, respecto a la horizontal. Estas estaciones de polines se distribuyen en todo lo largo del trayecto para soportar la correa y su carga. La tensión de la correa es lograda través de un sistema tensor de diseño variado, según la posición de la correa transportadora. Además, la cinta dispone de un sistema de alineamiento que permite el centrado de la banda en todo este trayecto de carga y retorno.

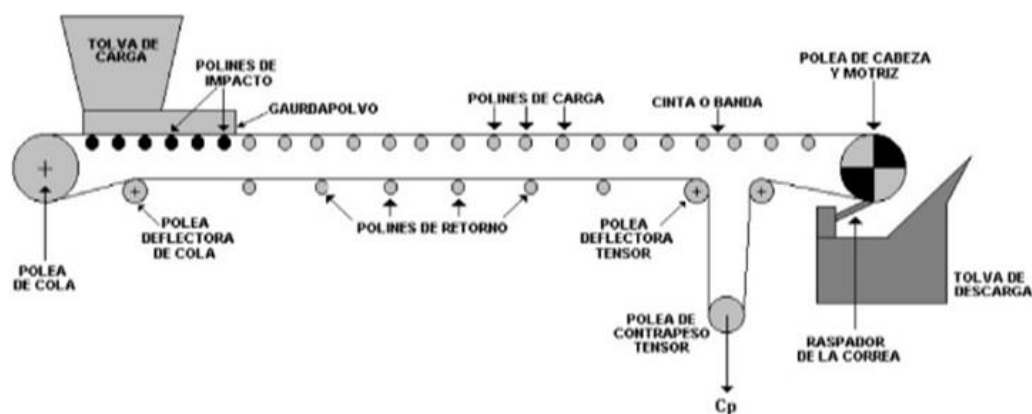


Figura 1. Diagrama de componentes en la faja transportadora

2.2.2. Requerimientos para la implementación de las fajas transportadoras con el sistema *side travel* en la chancadora Pebbles

Se requiere que todos los instrumentos que se encuentren asociados a la faja de alimentación a la chancadora Pebbles, se encuentren operativos y tengan la máxima confiabilidad dentro de la operación del sistema establecido. Es necesario realizar el mantenimiento adecuado de los instrumentos asociados al sistema referido, para tal fin se deberá realizar la inspección, prueba y mantenimiento en general de dichos instrumentos. Se pretende asegurar la funcionalidad dentro de las normas establecidas para los instrumentos, equipos y sistemas que estén en conformidad con el diseño.

Este documento establece los lineamientos, requisitos y pasos que deben ser considerados para el mantenimiento de los instrumentos asociados a la faja de alimentación a la chancadora Pebbles.

2.2.2.1. Descripción de los interruptores

Esta faja consta básicamente de una faja sinfín flexible en forma plana, que se desplaza entre dos poleas principales tanto en el lado de carga como en el de retorno, se apoya a través de polines y una polea motriz que es la encargada de dar la impulsión a la faja. La instrumentación que acompaña a esta faja se detalla con detectores de baja velocidad (*zero speed*), interruptores de emergencia de cordón de seguridad (*pull cord*), así como, detectores de desviación de faja (*side travel*) y detectores de chutes obturados (*tilt switch, switch* de nivel). La activación de cualquiera de estos instrumentos de seguridad mandará una alarma a sala de control y de ser necesario parar el sistema.

Esta faja alimentadora recibe la carga que está almacenada en el silo (316-TKF-031B) a través del chute de carga continuo en la zona de carga donde se encuentran los polines de impacto para luego dejar el mineral en la chancadora de Pebbles.

En la figura 2 se detalla la constitución de la faja de alimentación a la chancadora Pebbles 310-FEB-022.

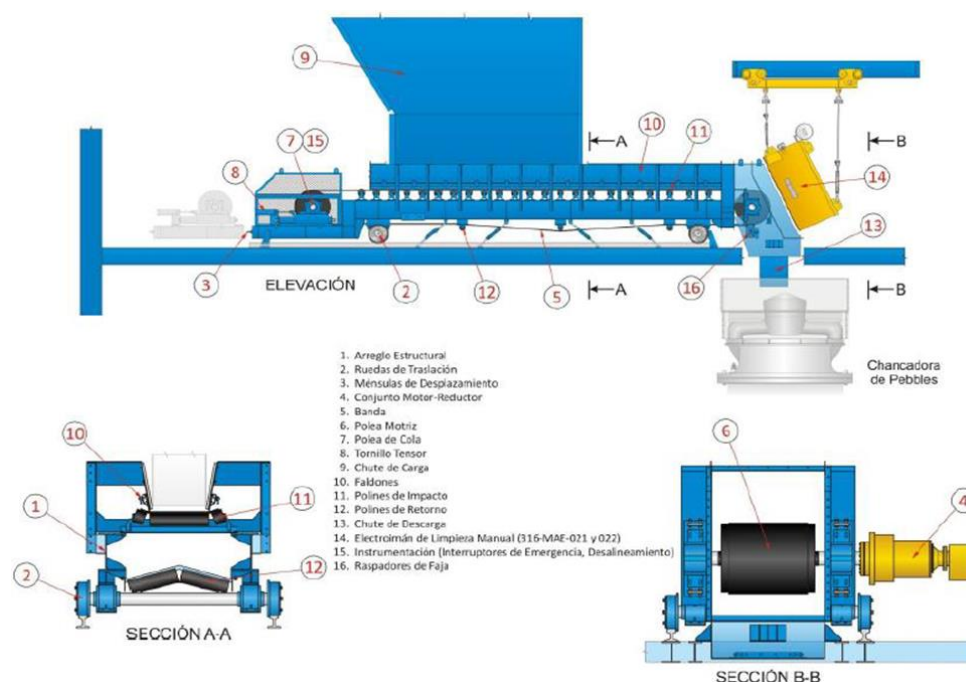


Figura 2. Diagrama de listado de arreglos y estructura de faja transportadora

2.2.2.2. Coordinación de las actividades de mantenimiento en la faja transportadora del área de chancado Pebbles

Las actividades son coordinadas con el área de Operaciones y Control de Procesos de la compañía minera Antamina S. A., de acuerdo con el avance del mantenimiento y de ser necesario se coordina con otras áreas y disciplinas que puedan intervenir para mejorar el proceso, que se verá enmarcada en la instalación de los interruptores de desalineamiento.

2.2.2.3. Instrucciones de seguridad para el mantenimiento y operación de la faja transportada del área de chancado Pebbles

- Realizar el Iperc continuo (identificación de peligros, evaluación de riesgos y controles).
- Informar y coordinar con operaciones el ingreso al área y el inicio de los trabajos.

- c. Usar el procedimiento de aislamiento, bloqueo y señalización de los equipos donde se trabajará.
- d. Usar el equipo de protección personal adecuado (casco, barbiquejo, máscara antipolvo, tapones auditivos, botas dieléctricas, guantes anticorte, lentes o *googles*).
- e. Inspeccionar el área antes de iniciar los trabajos, realizar el procedimiento de **toma doce**. Por causas del proceso, existen bolas y restos de estas regadas en el piso, realizar la limpieza y orden para evitar tropiezos o resbalones.

2.2.2.4. Instrucciones de trabajo general en la faja transportadora

- a. Verificar los tableros asociados al equipo (TBJ, TBC, COA, según sea el caso). Verificar hermeticidad y asegurarse de que se encuentren los planos enmickados dentro del tablero. De lo contrario, reportar a la supervisión para generar la orden de reposición.
- b. Comprobar que las cajas, tapas y sellos se encuentren en buen estado y herméticos.
- c. Revisar en la caja de conexiones, el estado de los cables, los contactos y tuberías flexibles por señales de daño físico, si están sueltos reapretarlos, si está mordido o cortado, reemplazarlos.
- d. Verificar que el instrumento funcione libre de sonido o vibración excesiva.
- e. Realizar una limpieza general del instrumento. Limpie y elimine las impurezas utilizando un limpiacontactos.
- f. De ser necesario, proteja al instrumento colocándole una cubierta plástica.
- g. De requerir alguna tarea adicional que no se encuentre dentro del presente procedimiento generar la orden de trabajo correspondiente.

2.2.3. Cuadro de codificación de dispositivos

2.2.3.1. Dispositivos de interrupción y censo asociados a las fajas transportadoras

Tabla 2. Dispositivos asociados a la faja transportadora

Sistema	Descripción	Código
Parada de emergencia	<i>Pull Cord</i>	316-HS-10007 A-B
Interruptor de desalineamiento	<i>Side travel</i>	316-ZSH / ZSHH-10007 A-D
Velocidad	<i>Zero Speed</i>	316-SSL-10007
Temperatura	Sensor de temperatura (RTD)	316-TE-10006 A

Los dispositivos mencionados en la tabla 2 cumplen una función dinámica en las fajas transportadoras, ya que cada uno, conforman la configuración de los parámetros de ángulo de inclinación, velocidad de arrastre del eje y temperatura de trabajo estándar, cabe resaltar que solo el interruptor *side travel* envía señales de alarma al control general para, posteriormente, en caso de persistir alguna falla, recién apagar la faja transportadora, puesto que se considera lectura como fallas transitorias, algo que es muy común en transporte de minerales, teniendo en cuenta que la variedad de minerales y su tamaño, son diferentes.

2.2.3.2. Descripción de los dispositivos de interrupción y censados asociados a las fajas transportadoras

Tabla 3. Descripción de los dispositivos de interrupción y censado, asociados a la faja transportadora

Ítem	Tag	Descripción	Marca	Modelo/part number
1	316-HS-10007 A-B	<i>Pull Cord</i>	Ramsey	
2	316-ZSH-10007 A-D	<i>Side travel</i>	Ramsey	ROS-2A
3	316-SSL-10007	<i>Zero Speed</i>	Thermo Ramsey	60-23P
5	316-TE-10006 A	RTD	Termolaser	

La tabla 3 menciona la codificación que se le da a los dispositivos y la función que cumplen estos ya en el proceso de transporte de minerales en el área de chancado. Cada uno de estos dispositivos están descritos en las líneas siguientes y su proceso de mantenimiento y características.

2.2.4. Criterios de mantenimiento aplicables a la instrumentación de la faja transportadora en el área de chancado Pebbles

2.2.4.1. Sistema de parada de emergencia

Los interruptores de parada de emergencia son accesorios de seguridad del transportador diseñados para enclavarse con sistemas de apagado del transportador en caso de mantenimiento o emergencia. La robusta carcasa de aluminio fundido a presión con acabado en polvo a base de epoxi y todo el soporte físico de acero inoxidable los hace adecuados para la mayoría de las aplicaciones industriales pesadas. En cuanto al mantenimiento se contempla los siguientes:

Tabla 4. Mantenimiento del sistema de parada

Mantenimiento Instrumentos Faja de alimentación a la chancadora de pebbles FEB-022 Sistema de Parada de Emergencia		
Descrip. Instru.: Pull Cord	TAG: 316-HS-10007 A-B	
Marca:	Plano PI&D: 316-M-1009-Rev2	
Modelo:	Plano Eléctrico: 316-E-6636-Rev2	
Inspección y Pruebas de Equipo en Campo		C/V*
Inspeccionar el instrumento por señales de daño físico, así mismo verificar la correcta fijación de las palancas de accionamiento.		
Probar con el sistema energizado, verificando el accionamiento de las alarmas en del DCS o en Sala de Control.		
En la TBJ probar con el sistema desenergizado los contactos y medir el enseriado de pull cord's (VFD) que debe ser $\leq 4\Omega$. De no ser así revisar y corregir el cableado y/o realice el cambio de los switches en el siguiente paso.		
En la TBJ probar con el sistema desenergizado los contactos y medir individualmente cada instrumento, la medición debe ser $\leq 1\Omega$. De no ser así revisar y corregir el cableado y/o realice el cambio de switch.		
Limpiar el instrumento/componente exterior e interiormente, de ser posible. Utilizando los consumibles apropiados y necesarios (limpia contactos, etc.). Devolver la cubierta de protección si la tuviera o procurarle una de ser necesaria.		
Verificar el buen estado de las conexiones de línea del instrumento (tuberías, accesorios de conexión, sellos, etc.), así como también las conexiones eléctricas y de comunicación (tubing, conduit flexible, conexión, cables, conectores, etc.). Hacer los ajustes necesarios y/o realizar los cambios necesarios si estuvieran dañados.		
Lubricar partes mecánicas y asegurar las grapas en los cables de emergencia, de ser necesario cambiarlos.		
Probar el accionamiento del instrumento, al activarlo la medida debe ser 0Ω o debe encontrarse en el orden de los Mega ohmios, de no ser así verificar las borneras, contactos o el cableado para obtener el valor descrito.		
Con la faja detenida operar secuencialmente cada interruptor con el cable de emergencia respectivo y observar la alarma en Sala de Control, luego reponer los interruptores de emergencia.		
(*) Colocar check o escriba el valor medido. Observaciones:		

2.2.4.2. Sistema de detección de desviación de faja

Los interruptores de desviación de faja propuesto es del tipo *side travel*, este se monta a un lado de la faja y se ajusta a este, de modo tal que, cuando la faja sale de la alineación este se acciona y envía una señal de alarma. Los dispositivos de desalineamiento son dispositivos que monitorean la marcha de la faja transportadora, detectando el desplazamiento angular y una consiguiente pérdida de centrado de la faja, este dispositivo está montado en la parte superior de la estructura longitudinal de las fajas transportadoras (en ambos lados). Provee una indicación de alarma a determinado grado de desalineamiento y una detención a un grado de mayor desalineamiento activado por un brazo de accionamiento. El eje de accionamiento tiene dos levas dentro de la carcasa. Cada leva acciona un micro interruptor SPDT independiente para señales de alarma. El primer micro interruptor se activa con un ángulo de 10" para una señal de alarma de advertencia, lo que permite

a los operadores abordar la situación antes de que se convierta en un problema. El segundo se activa con un ángulo de 20° del eje para una señal de alarma de parada para prevenir o minimizar el daño a la faja o pérdida de material.



Figura 3. Sistema de detección de desviación de faja side travel

Con respecto al mantenimiento de este interruptor y las maniobras respectivas que se realizan en esta zona minera, específicamente, en el área de chancado se tiene la siguiente tabla:

Tabla 5. Mantenimiento del sistema de desviación de faja

Mantenimiento Instrumentos Faja de alimentación a la chancadora de pebbles FEB-022 Sistema de Detección de Desviación de Faja	
Descrip. Instru.: Side Travel	TAG: 316-ZSH-10007 A-D / 316-ZSHH-10007 A-D
Marca: Ramsey	Plano PI&D: 316-M-1009-Rev2
Modelo: ROS-2A	Plano de Eléctrico: 316-E-6636-Rev2
Inspección y Pruebas de Equipo en Campo	
Inspeccionar el instrumento por señales de daño físico, asimismo verificar la correcta fijación del brazo giratorio.	C/V*
Inspeccionar que el brazo se encuentre girando y el eje base se encuentre bien posicionada. De caso contrario realizar los ajustes necesarios o proceder a realizar el cambio de instrumento o de la parte móvil.	
Probar con el sistema desenergizado los contactos en el ZS10001A TB y medir el enseriado del side travel que debe ser $\leq 1\Omega$. De no ser así revisar el cableado y/o conexiones.	
Probar con el sistema desenergizado los contactos en el ZS10001B TB y medir el enseriado del side travel que debe ser $\leq 2\Omega$. De no ser así revisar el cableado y/o conexiones.	
Probar con el sistema desenergizado los contactos en el ZS10001C TB y medir el enseriado del side travel que debe ser $\leq 3\Omega$. De no ser así revisar el cableado y/o conexiones.	
Probar con el sistema desenergizado los contactos en el ZS10001D TB y medir el enseriado del side travel que debe ser $\leq 4\Omega$. De no ser así revisar el cableado y/o conexiones.	
Revisar de manera interna y externa el instrumento, el estado de conexiones y cables. Si se encuentra algún desperfecto realizar los cambios correspondientes.	
Verificar la distancia ente el brazo giratorio y la faja, esta distancia debe ser igual a 2". En caso contrario a la indicación proceder a hacer el ajuste necesario en la distancia.	
Limpiar el instrumento/componente exterior e interiormente, de ser posible. Utilizando los consumibles apropiados y necesarios (limpia contactos, etc.). Devolver la cubierta de protección si la tuviera o procurarle una de ser necesaria.	
Verificar el buen estado de las conexiones de línea del instrumento (tuberías, accesorios de conexión, sellos, etc.), así como también las conexiones eléctricas y de comunicación (tubing, conduit flexible, conexión, cables, conectores, etc.). Hacer los ajustes necesarios y/o realizar los cambios necesarios si estuvieran dañados.	
Verificar el accionamiento del brazo, para aproximadamente 10° se debe accionar la alarma en sala de control y para aproximadamente 20° se deberá activar la alarma de paro de la faja. En caso contrario realizar las correcciones necesarias o proceder a cambiar el equipo.	
(*) Colocar check o escriba el valor medido. Observaciones:	

2.2.4.3. Sistema de verificación de velocidad

El interruptor que se opta para la medición de la velocidad es un dispositivo denominado *zero speed* que combina sensores con interruptores que impliquen la detección de exceso de velocidad, baja velocidad o velocidad cero.



Figura 4. Sistema de verificación de velocidad

Con respecto a los criterios de mantenimiento asociados a este dispositivo se contempla la siguiente ficha:

Tabla 6. Mantenimiento del sistema de verificación de velocidad

Mantenimiento Instrumentos Faja de alimentación a la chancadora de pebbles FEB-022 Sistema de Verificación de Velocidad	
<i>Descrip. Instru.:</i> Zero Speed	<i>TAG:</i> 316-SSL-10007
<i>Marca:</i> Thermo Ramsey	<i>Plano PI&D:</i> 316-M-1009-Rev2
<i>Modelo:</i> 60-23P	<i>Plano Eléctrico:</i> 316-E-6636-Rev2
<i>Inspección y Pruebas de Equipo en Campo</i>	<i>C/V*</i>
Inspeccionar el instrumento por señales de daño físico, asimismo verificar la posición del objetivo.	
Inspeccionar el cuerpo del objetivo (placa móvil) de encontrarse en mal estado, realizar el cambio.	
Con el sistema energizado, pasar delante de la cara de la sonda un metal generando pulsos y verificar la activación de los LED de indicación en el transmisor, el pulso debe ser igual a 3 segundos. Verificando en las entradas del DCS o Sala de Control.	
Con el sistema desenergizado medir la distancia entre la sonda y el objetivo que debe ser $\leq 38\text{mm}$ (1.5"). De no ser así ajustar la distancia.	
Revisar de manera interna y externa el instrumento, el estado de conexiones y cables. Si se encuentra algún desperfecto realizar los cambios correspondientes.	
Limpiar el instrumento removiendo toda la grasa existente entre la sonda y el objetivo. Utilizando los consumibles apropiados y necesarios (limpia contactos, etc.). Devolver la cubierta de protección si la tuviera o procurar una de ser necesaria.	
Verificar el buen estado de las conexiones de línea del instrumento (tuberías, accesorios de conexión, sellos, etc.), así como también las conexiones eléctricas y de comunicación (tubing, conduit flexible, conexión, cables, conectores, etc.). Hacer los ajustes necesarios y/o realizar los cambios necesarios si estuvieran dañados.	
Pasar nuevamente delante de la cara de la sonda un metal generando pulsos y verificar la activación de los LED de indicación en el transmisor, el pulso debe ser igual a 3 segundos. Verificando en las entradas del DCS o Sala de Control. En caso contrario realizar los ajustes necesarios y/o realizar los cambios correspondientes.	
<i>(*) Colocar check o escriba el valor medido.</i> <i>Observaciones:</i>	

2.2.4.4. Sensor de temperatura (RTD)

Otro dispositivo asociado a las fajas transportadoras son los detectores de temperatura resistivos que son sensores de temperatura que contienen una resistencia que cambia el valor de resistencia a medida que cambia su temperatura.

La mayoría de los RTD cumplen el grado de precisión con DIN-IEC Clase B y Clase A y son relativamente inmunes al ruido eléctrico, por lo tanto, son adecuados para la medición de temperatura en entornos industriales, especialmente, alrededor de motores, generadores y otros equipos de alto voltaje.

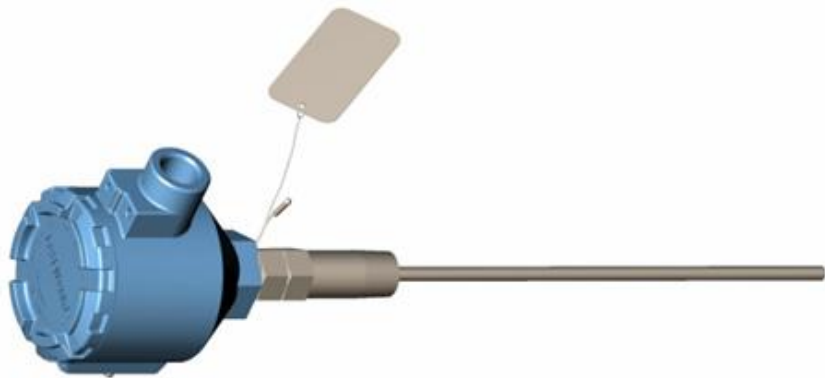


Figura 5. Sistema de sensor de temperatura

Con respecto a la programación del mantenimiento de este equipo planteado para su aplicación en la chancadora Pebbles de Antamina se tiene la siguiente tabla:

Tabla 7. Mantenimiento del sensor de temperatura

Mantenimiento Instrumentos de faja de alimentación de chancadora Pebbles de sistema de sensor de temperatura		
Descrip. Instru.: Sensor de Temperatura	TAG: 316-TE-10006 A	
Marca: Termolaser	Plano PI&D: 316-M-1009-Rev2	
Modelo: PT100	Plano Eléctrico: 316-E-6636-Rev2	
Inspección y Pruebas de Equipo en Campo		C/V*
Inspección física de instrumento, revisar tuberías y accesorios conduit, limpieza interna y externa de cajas de paso, hermetizar y orden y limpieza.		
Medir resistencia en borneras de los rtd's que deberían ser correspondientes a la temperatura según tabla para RTD.		
Montar y limpiar el instrumento utilizando los consumibles apropiados y necesarios (limpia contactos, etc.).		
Verificar el buen acoplamiento del instrumento a la estructura, ajustar pernos, abrazaderas, etc. En caso contrario proporcionar un buen soporte para el instrumento.		
Verificar el buen estado de las conexiones de línea del instrumento (tuberías, accesorios de conexión, sellos, etc.), así como también las conexiones eléctricas y de comunicación (tubing, conduit flexible, conexión, cables, conectores, etc.). Hacer los ajustes necesarios y/o realizar los cambios de estar dañados.		
(*) Colocar check o escriba el valor medido.		
Observaciones:		

2.2.5. Automatización en las compañías mineras y procesos aplicables en la investigación

La automatización se define como la aplicación de sistemas computarizados para el control no solo de maquinaria sino también de procesos, que reduce la variabilidad en los procesos que puede ser originada por el recurso humano (8).

La automatización de procesos hace uso de medios electrónicos para controlar el encendido o apagado de todo tipo de actuadores. Esto es posible ya que los equipos electrónicos desarrollados para tales fines son programables, es decir, cada persona que haga uso de estos equipos puede desarrollar una programación específica según sus necesidades y cargarla al elemento electrónico; el orden y tiempo de encendido y apagado de cada uno de los actuadores estará determinado por la programación desarrollada. Estos avances tecnológicos han permitido automatizar algunas tareas que podrían resultar altamente peligrosas para el ser humano o aquellas actividades que requieren de una precisión muy elevada.

En los sistemas automatizados se diferencian dos partes principales, la parte de mando o control y la parte de fuerza o parte operativa.

La parte de mando o control es la parte del sistema automatizado que hace uso propiamente de la automatización, es en esta parte del sistema donde se encuentran los elementos electrónicos programados, que poseen la programación de encendido y apagado de los actuadores que se encuentran en la parte de fuerza o parte operativa.

La parte operativa es la parte del sistema que realiza el trabajo útil para desarrollar una actividad, los actuadores que se encuentran en la parte operativa podrían ser motores, cilindros, luces, sirenas, contactores, relés, entre otros; cada uno de estos actuadores entrarán en funcionamiento cuando la parte de mando o control envíe la señal de encendido correspondiente.

Los objetivos de la automatización dentro del campo industrial son:

- Incrementar la productividad de las empresas.
- Reducir los costos de fabricación y mantenimiento.
- Elevar y mantener estables los estándares de calidad.
- Incrementar el nivel de seguridad en el trabajo.
- Obtener procesos de trabajo más precisos y estables.
- Automatizar actividades que pueden ser peligrosas o dañinas para el ser humano.

La automatización es una parte de la ingeniería que permite realizar procesos con alta precisión mediante el uso de dispositivos electrónicos de control para la optimización de procesos. La optimización de procesos tiene como objetivo reducir costos, tiempo y elevar la productividad de una planta indistintamente del campo de acción de esta (7).

La automatización tiene las siguientes ventajas:

- Aumenta la producción
- Disminuye el costo del producto
- Mejora la calidad del producto
- Disminuye el proceso manual
- Ayuda en la producción

La automatización tiene las siguientes desventajas:

- Aumenta la energía por cada producto realizado.
- Incrementan los costos de inversión.
- Requiere mayor conocimiento de parte de los operarios (9)

2.2.6. Monitoreo de cintas transportadoras

Debido al movimiento de la banda el material depositado sobre la banda es transportado hacia el tambor de accionamiento donde la banda gira y da la vuelta en sentido contrario. En esta zona el material depositado sobre la banda es vertido fuera, debido a la acción de la gravedad o de la inercia. Las cintas transportadoras se usan principalmente para transportar materiales granulados, agrícolas e industriales, tales como cereales, carbón, minerales, etcétera, aunque también se pueden usar para transportar personas en recintos cerrados (por ejemplo, en grandes hospitales y ciudades sanitarias).

A menudo, para cargar o descargar buques cargueros o camiones, para transportar material por terreno inclinado se usan unas secciones llamadas cintas elevadoras. Existe una amplia variedad de cintas transportadoras, que difieren en su modo de funcionamiento, medio y dirección de transporte, incluyendo transportadores de tornillo, los sistemas de suelo móvil, que usan planchas oscilantes para mover la carga, y transportadores de rodillos, que usan una serie de rodillos móviles para transportar cajas o palés (10).

2.2.6.1. Aplicación

Las fajas transportadoras se utilizan como componentes en la distribución automatizada y almacenamiento. En combinación con manejo de equipos computarizados para tarimas que permiten que se realice eficientemente el almacenamiento, manufactura y distribución de materiales en la industria.

Además, se considera que minimiza el trabajo y que permite el movimiento de grandes volúmenes rápidamente; permitiendo a las empresas embarcar o recibir volúmenes más altos con espacios de almacenamiento menores y con un menor gasto. El uso de cintas transportadoras está indicado especialmente en el procesamiento de productos industriales, agroindustriales,

agrícolas, mineros, automotrices, navales o farmacéuticos; en general, cualquier tipo de material que se traslade a granel.

Las cintas transportadoras pueden trabajar con movimiento vertical, horizontal o inclinado, dependiendo de los materiales que se quieran transportar (10)

2.2.6.2. Ventajas

- Permite el transporte de materiales a gran distancia.
- Se adapta al terreno.
- Tiene una gran capacidad de transporte.
- Permite transportar una gran variedad de materiales.
- Es posible la carga y la descarga en cualquier punto del trazado.
- Se puede desplazar.
- No altera el producto transportado.
- Aumenta la cantidad de producción.
- Ausencia de articulaciones de rápido desgaste.

2.2.6.3. Equipos y dispositivos que se tienen en cuenta en el monitoreo de fajas transportadoras

Los equipos que se cuentan para el monitoreo de fajas transportadoras conllevan beneficios en la productividad referente a la cantidad de material que se transporta, el tiempo, la eficiencia y el consumo de potencia que se tiene.

2.2.6.4. Interruptor de desalineación de fajas transportadoras

Este dispositivo monitorea el proceso operativo en busca de condiciones potencialmente peligrosas y activa una alarma si ocurre una desviación. El interruptor de desplazamiento del transportador de la serie SRT protege a los transportadores de los daños causados por el desplazamiento o deslizamiento de la banda. En circunstancias normales, los interruptores de desplazamiento de la correa suelen instalarse en ambos lados y bordes del transportador. Es aceptable un pequeño espacio entre los rodillos de presión y un ligero bamboleo en el borde de la cinta transportadora.

Cuando la oscilación excede el límite normal (superior/20 mm), el borde de la banda presiona el rodillo del interruptor, lo que activa el interruptor y activa los interruptores, y cuando la banda reanuda su funcionamiento normal, el interruptor de deflexión se restablece automáticamente. Estos controles se usan en pares a cada lado de la posición de detección del transportador, y cada unidad puede equiparse con dos microinterruptores para generar señales que indiquen el desplazamiento del transportador en dos puntos de desviación.

El primer punto de señal puede indicar ligeras desviaciones de la correa, dando una alarma, la segunda señal.

Este punto evita el deslizamiento extremo de la cinta al cerrar la cinta. Los rodillos se pueden ajustar hasta 20° en cualquier dirección, aproximadamente, a 20 mm de la cinta transportadora, y el punto de operación del interruptor se puede ajustar de 0° a 35° simplemente cambiando la leva de accionamiento.

Las características de este dispositivo son las siguientes:

- Fácil instalación, operación sensible
- El brazo del rodillo puede moverse hasta 75 grados en dirección.
- A prueba de polvo, IP 67 resistente a la intemperie, fundición a presión de la carcasa de aluminio.
- Ángulo de actuación de la palanca del rodillo 20° para señal de alarma y 35° para apagar el sistema.
- Para ahorrar tiempo de inactividad del proceso, pérdida de producto y reemplazo del costo de la cinta transportadora dañada.
- SRT-170, a prueba de explosiones.

Algunas especificaciones técnicas de este interruptor son:

Tabla 8. Especificaciones técnicas del interruptor de desalineación

Capacidad de conmutación	15A 125 / 250 Vac, 5A 30 Vdc SPDT × 2 (estándar) 10A 125 / 250 Vac, 5A 30 Vdc DPDT × 2 (pedido)
Torque para operación	3.4 ~ 5.4N.m (0.35 ~ 0.55 kgf.m)
Modo de reinicio	Auto
Temperatura ambiente	-20 ~ 60 °C (protección contra explosiones entorno: -20 ~ 50 °C)
Grado de protección de la caja	IP67
Material de la caja	ADC fundido a presión
Peso	Aprox. 2,8 kg

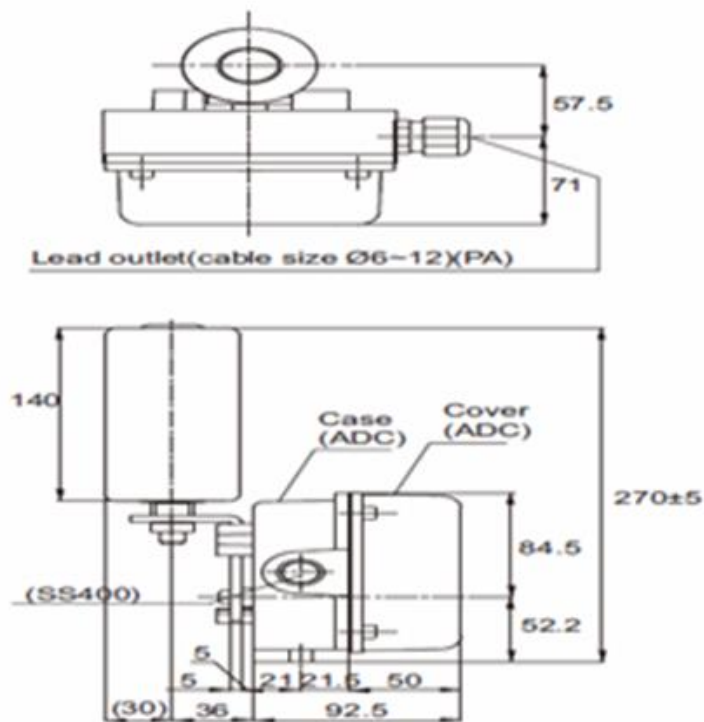


Figura 6. Diagrama de interruptor de desalineamiento de faja

2.2.6.5. Interruptor de tracción de seguridad para apagado normal o de emergencia

Los interruptores de tracción de seguridad para transportadores de banda están diseñados para proporcionar un sistema de conmutación para aislar la alimentación de los sistemas de transportadores y otros equipos de proceso similares en situaciones de emergencia.

El interruptor de tracción por cable se activa mediante un cable de acero revestido de plástico adyacente a la cinta transportadora. Cuando se tira del cable a cualquier lugar, automáticamente se activa y trava el interruptor, lo que reduce la energía al contactor de arranque del transportador.

Cada interruptor es bidireccional y tiene dos cables que llegan desde direcciones opuestas y terminan en un resorte en el punto de anclaje, luego, el resorte accionará el interruptor. Después del arranque, el bloqueo mecánico solo se puede liberar en el interruptor mismo usando la palanca de reinicio.

Algunas características de estos dispositivos son:

- Diseño universal para activación bidireccional
- Diseño compacto para áreas reducidas, resistente IP67
- Carcasa de aluminio fundido a presión
- Palanca de reinicio manual
- Orientado fácilmente en cualquier extremo o intermedio
- Posición en el tendido del cable de tracción
- Tirador de cable 30° para apagar el sistema.
- El brazo negro altamente visible muestra fácilmente el estado del interruptor, indicando alarma o normal.
- SRS-170, a prueba de explosiones

Las especificaciones de este dispositivo corresponden a la siguiente tabla:

Tabla 9. Especificaciones técnicas del interruptor de desalineación

Capacidad de conmutación	15A 125 / 250 Vac, 5A 30 Vdc SPDT × 2 (estándar)
Torque para operación	49 +/- 984N (5 +/- 1 kgf)
Modo de reinicio	Manual
Temperatura ambiente	-20 ~ 60 °C (Protección contra explosiones entorno: -20 ~ 50 °C)
Grado de protección de la caja	IP67
Material de la caja	ADC fundido a presión
Peso	Aprox. 2,2 kg

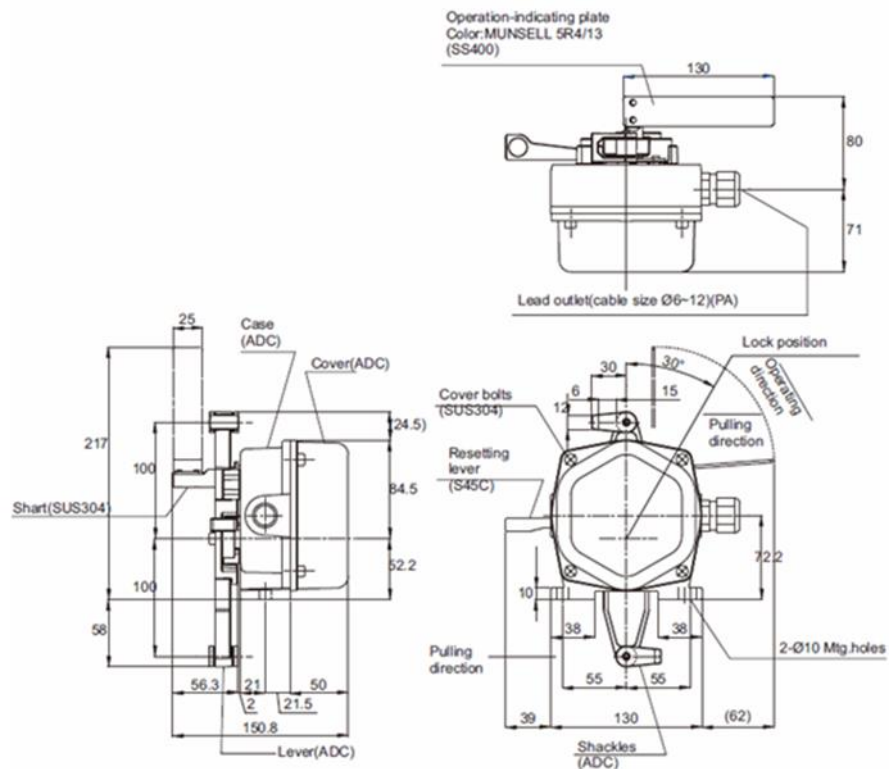


Figura 7. Diagrama de interruptor de apagado de emergencia

2.2.6.6. Monitor de velocidad EDX4

EDX4 Speed Monitor es un dispositivo de monitoreo de velocidad; utiliza el principio de un detector fotoeléctrico y un microprocesador para calcular con precisión una amplia gama de velocidades. Rango de detección 1 ~ 999 rpm e indicador LED de velocidad en 7 segundos. Hay un contacto de relé que se puede utilizar con fines de alarma o control durante la supervisión del proceso.

El punto de ajuste de la alarma se puede configurar directamente usando el botón digital, que es más conveniente y preciso que los métodos tradicionales. Equipado con salida de señal analógica, se puede utilizar para varias indicaciones de pantalla y un control más preciso. Es ideal para monitorear aplicaciones en condiciones de baja velocidad, ralenti y sobrecarga.

Algunas características de este interruptor de velocidad son:

- Rango de monitoreo máximo 1 ~ 999 rpm
- Pantalla LED de 7 seg 0 ~ 999

- Monitoreo de alarma: baja velocidad, parada, marcha atrás, apagón y sobrecarga
- La función de retardo de arranque permite que el motor funcione gradualmente
- La función de retardo de alarma puede evitar la alarma de falla que muchas veces son causados por ralentización temporal o porque la carga cambió.
- Dirección de rotación seleccionable para CCW y CW hace que la instalación sea más versátil.
- Los pulsos de luz no se ven afectados por el medio ambiente
- Condiciones complementarias a la serie FineTek PB / PM digital
- Medidor de panel para indicar la velocidad

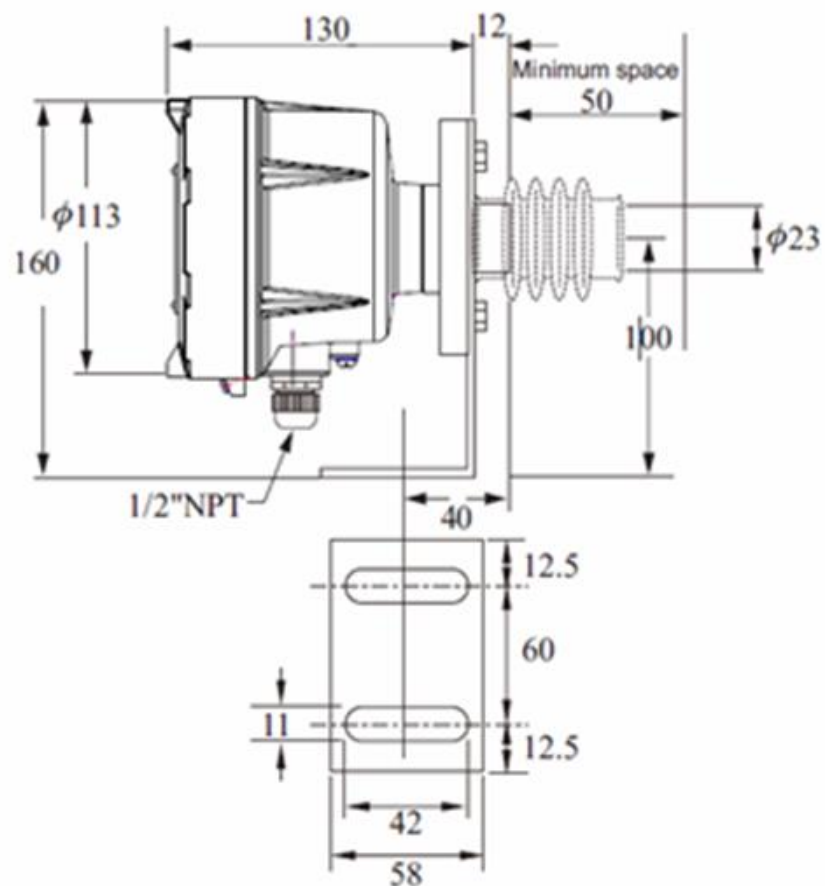


Figura 8. Diagrama de controlador de velocidad de faja EDX4

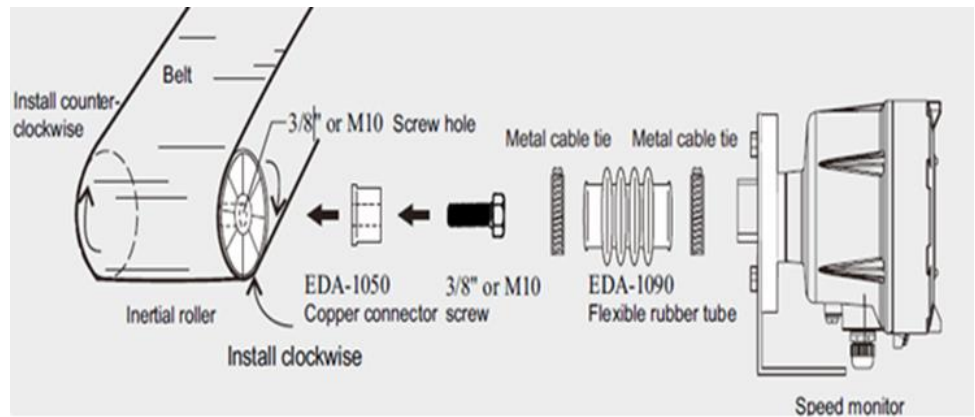


Figura 9. Diagrama de conexión de controlador de velocidad de faja EDX4

2.2.7. Compañía minera Antamina S. A.

2.2.7.1. Historia y evolución

En 1860 se identificó el yacimiento Antamina por Antonio Raimondi, constituye la mina de Cu-Zn más grande del mundo, tiene una orientación SO-NE de más de 2500 m de largo y ancho de hasta 1000 m. Los derechos mineros de Centromin en el yacimiento mineral Antamina lo conforman 45 concesiones tituladas e inscritas en el Registro Público de Minería y 01 petitorio (concesión "Antamina Este") en proceso de titulación, totalizando un área bruta de 2 484 ha, que descontando 410 ha de superposiciones propias y 91 ha de derechos prioritarios de terceros, se transfiere un área total neta de 1 983 ha, Antamina es un yacimiento mineral polimetálico de tipo *skarn*, emplazada en horizontes favorables de calizas de formación Jumasha (cretáceo medio), genéticamente relacionada al intrusivo de monzonita Cuarzófera Antamina, el mismo que presenta una mineralización económica de vetas mantos, cuerpos y disseminaciones cuya mineralogía consiste en calcopirita, esfalerita, molibdenita, escasa galena argentífera y pirargita. La caliza limolítica con variable de marmolización ocurre alrededor del granate, presenta betas, venillas y lentes de galena con menor cantidad de pirita, calcopirita y menos del 10 % a la bornita. La pirita y magnetita son comunes en todo el depósito. Los intrusivos centrales están mineralizados con molibdenita, y como minerales accesorios se incluyen la tenantita, pirrotita, hematita, cubanita, bismutita.

2.2.7.2. Ubicación geográfica

El yacimiento Antamina está ubicado en la parte occidental de los Andes centrales, a 270 km al norte de Lima, entre los 3790 y 4350 metros sobre el nivel del mar, existen depósitos del tipo *Skarn* de banda lateral con

mineralización de Cu (calcopirita) y Mo (molibdenita), mineralización media y cobre (bornita (preferida) / calcopirita) – Zn - (esfalerita) en áreas transicionales a *Exoskarn* se observa mineralización externa de calcopirita y bornita (10).

2.2.7.3. Organización y estructura

La compañía minera Antamina S. A. tiene la siguiente estructura organizacional.



Figura 10. Organización de la compañía minera Antamina

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo y nivel de la investigación

3.1.1. Tipo

3.1.1.1. La investigación es de tipo básica

La investigación básica o sustantiva recibe el nombre de pura, porque en efecto, está interesada por un objetivo crematístico, su motivación se basó en la curiosidad, el inmenso gozo de descubrir nuevos conocimientos, como dicen otros, el amor de la sabiduría por la sabiduría (11).

3.1.2. Nivel

3.1.2.1. La investigación es del nivel descriptivo

Este nivel de investigaciones podría también denominarse investigación diagnóstica o de levantamiento de datos, es la que debería exigirse a los estudiantes de los Institutos Superiores Tecnológicos o Escuelas Universitarias de Pregrado, para optar el título profesional, porque es relativamente más sencilla y solo responde a preguntas del tipo ¿cómo es x? ¿Cuál es la relación entre X, Y? ¿Qué diferencias existen entre A y B? ¿Cuál es el origen de x? ¿Cómo se comporta x? ¿Cómo se clasifica x?, etc. (11).

3.1.3. Método

3.1.3.1. Método general

El método que se empleó fue el científico.

Es un método de investigación usado principalmente en la producción de conocimiento en las ciencias. Para ser llamado científico, un método de investigación debe basarse en lo empírico y en la medición, y estar sujeto a los principios específicos de las pruebas de razonamiento (11).

3.1.3.2. Método específico

El método empleado fue el descriptivo.

Los estudios descriptivos son beneficiosos para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación. El investigador debe ser capaz de definir, o al menos visualizar, qué se medirá (que conceptos, variables, componentes, etc.) y sobre qué o quiénes se recolectarán los datos (personas, grupos, comunidades, objetos, animales, hechos, etc.) (11).

3.1. Diseño y esquema de la investigación

Para el presente estudio se optó por el correlacional, que pertenece al siguiente diagrama.

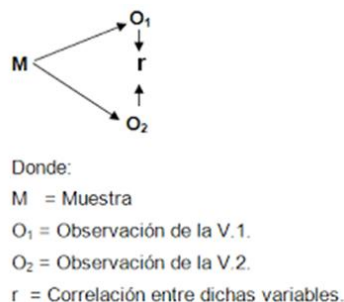


Figura 11. Esquema general de correlación

Se toma una muestra del objeto de investigación, aquella es evaluada en distintos momentos en el tiempo y por periodos para establecer parámetros que sustenten una base comparativa entre las muestras observadas bajo criterios. Las ventajas de este diseño son proporcionar información bastante confiable de los cambios observados en la variable estudiada y la relación de las muestras (11).

3.2. Población, muestra y técnica de muestreo

3.2.1. Población

En el proyecto se opta por una población unitaria constituida por el instrumento *side travel* que es utilizado en las fajas transportadoras.

3.2.2. Muestra

Así mismo, la muestra de este estudio también viene a ser unitaria, constituida por el instrumento *side travel* con los equipos interruptores característicos mencionados en líneas anteriores.

3.2.3. Tipo de muestreo

Se realizó el muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a que las unidades muestrales no se seleccionaron al azar, sino que fue elegida por el investigador por encontrarse a mayor alcance.

3.3. Técnica e instrumento de acopio de datos

3.3.1. Técnica de fichaje

Esta técnica se utilizó con el fin de recoger información teórica tanto al momento de realizar el diseño como el informe final y dentro de ella se tiene:

- Ficha bibliográfica: se utilizó al momento de elaborar las referencias bibliográficas.
- Ficha de resumen: se utilizó para elaborar las bases teóricas.
- Ficha documental: esta técnica se utilizó al momento de revisar los indicadores de producción entre el instrumento *side travel* con sus interruptores utilizados en la faja transportadora y el dispositivo SRT – 170 utilizado actualmente.

3.3.2. Técnica de registros

3.3.2.1. Observación

Porque permitió recolectar datos y sistematizar información sobre el objeto de estudio que tiene relación con el problema de investigación (11).

3.4. Técnicas de procesamiento de datos

- Fichas técnicas
- Fichas de observación
- Hojas de registro

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados, prueba de hipótesis e interrelación

4.1.1. Procesamiento de información

Se realizaron ensayos para el instrumento *side travel* y el interruptor SRT -170 en contraste de 2 indicadores, el primero que se relaciona con la productividad, que está relacionado con la cantidad de mineral que se procesa y transporta censado en los 4 dispositivos mencionados anteriormente, el segundo que está relacionado con la cobertura que tienen estos dispositivos, es decir, la eficiencia que tienen los dispositivos con respecto al material que se procesa y se lectura, donde la confiabilidad de los resultados son una base para la veracidad de los datos. La investigación presente garantiza una solución al problema detectado, relacionado a los 2 indicadores en la compañía en cuestión, y de ese modo se tiene una optimización y eficiencia relacionada a los procesos de operaciones en el área de chanchado Pebbles. Se realizaron las pruebas de hipótesis en función de la prueba t de Student para muestras relacionadas en las 4 variables de trabajo, ya que se trata de datos cuantitativos y, posteriormente, verificar si la diferencia de las medias entre producción y cobertura de ambas máquinas envasadoras son significativas para la aseveración de las hipótesis.

4.1.2. Cuadro comparativo de productividad (material transportado) entre los dispositivos de protección de fajas transportadoras *side travel* y SRT – 170

En los análisis de producción por dispositivo de protección utilizado y censado se sigue el modelo de iteración y lectura en 30 instancias, basado en el modelo de trabajo diurno y nocturno correspondientes a septiembre, donde por iteración, se leyeron los siguientes datos en cuanto a la cantidad en miles de kilogramos censados

por los 4 dispositivos para, a partir del análisis bivariado, conocer la cantidad total procesada, esta tabla se detalla en el anexo 1.

4.1.3. Cuadro comparativo de cobertura (eficiencia y lectura) entre los dispositivos de protección de fajas transportadoras *side travel* y SRT – 170

En los análisis de cobertura por dispositivo de protección utilizado y censado se sigue el modelo de iteración y lectura en 30 instancias, basado en el modelo de trabajo diurno y nocturno correspondientes a septiembre donde, por iteración, se leyeron los siguientes datos en cuanto a la eficiencia censada por los 4 dispositivos para, a partir del análisis bivariado, conocer la cantidad total procesada, esta tabla se detalla en el anexo 2.

4.1.4. Análisis bivariado

Para el inicio del análisis se emplearon los estadísticos descriptivos para muestras relacionadas en base a cada indicador donde se analizaron los 30 periodos de medición, la media, desviación estándar y la correlación que tienen estas variables para saber el grado de incidencia en las formulaciones de hipótesis que se detalla en líneas siguientes.

4.1.4.1. Análisis de los estadísticos descriptivos de la variable de productividad de los dispositivos *side travel* y SRT – 170

Tabla 10. Estadísticos descriptivos de la productividad *side travel*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza
		Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico
Productividad faja transportadora con instrumento <i>side travel</i> e interruptores	30	2,899	3,753	3,27523	,043265	,236970
N válido (por lista)	30					,056

Tabla 11. Estadísticos descriptivos de la productividad SRT – 170

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Desv. Error	Estadístico
Productividad faja transportadora con SRT – 170 N válido	30	3,929	5,515	4,63570	,073277	,4001357

La tabla representa el desarrollo de los estadísticos descriptivos de la variable de productividad en contraste con los dos modelos de interruptores de protección, se puede afirmar en relación con la media, el interruptor de desviación *side travel* tiene más valor de producción en comparación al interruptor SRT – 170, es por esta razón que, la prueba hipótesis es la aseveración de la premisa anterior, dicho de otra manera:

Hi: la media de la productividad y transporte de minerales con el interruptor *side travel* es superior a la productividad con el interruptor SRT – 170.

4.1.4.2. Análisis de los estadísticos descriptivos de la variable de cobertura de los dispositivos *side travel* y SRT – 170

Tabla 12. Estadísticos descriptivos de cobertura *side travel*

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Desv. Error	Estadístico
Productividad faja transportadora con instrumento <i>side travel</i> e interruptores N válido (por lista)	30	55,113	75,508	66,53447	,916992	5,022573

Tabla 13. Estadísticos descriptivos de cobertura xSRT – 170

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Desv. Error	Estadístico
productividad faja transportadora con SRT – 170 N válido	30	55,629	72,596	63,8430	,877467	4,806085
	30					

La tabla representa el desarrollo de los estadísticos descriptivos de la variable de cobertura y eficiencia dada en términos porcentuales en contraste con los dos modelos de interruptores de protección, se puede afirmar en relación con la media porcentual, el interruptor de desviación *side travel* tiene más cobertura y eficiencia en comparación al interruptor SRT – 170, es por esta razón que, la prueba de hipótesis es la aseveración de la premisa anterior, dicho de otra manera:

H_1 : la media de la cobertura y eficiencia con el interruptor *side travel* es superior a la cobertura con el interruptor SRT – 170.

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Planteamiento de las hipótesis

4.2.1.1. Hipótesis general

A. Productividad

H_0 : la media de la productividad y transporte de minerales con el interruptor *side travel* no es superior a la productividad con el interruptor SRT – 170.

H_1 : la media de la productividad y transporte de minerales con el interruptor *side travel* es superior a la productividad con el interruptor SRT – 170.

4.2.2. Hipótesis específica

4.2.2.1. Cobertura

H_0 : la media de la cobertura y eficiencia con el interruptor *side travel* no es superior a la cobertura con el interruptor SRT – 170.

H_1 : la media de la cobertura y eficiencia con el interruptor *side travel* es superior a la cobertura con el interruptor SRT – 170.

4.2.3. Prueba t de Student para las 2 muestras relacionadas

Para las pruebas de las hipótesis se plantean 4 pruebas bilaterales con un nivel de significancia del 95 %, es decir que, las consideraciones y validaciones para las pruebas de hipótesis corresponden a un valor p de 0.05, dicho de otra manera, **p = 0.05**.

Tabla 14. Análisis de los datos de salida de la prueba t de Student

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Productividad faja transportadora con instrumento <i>side</i> <i>travel</i> e interruptores	4,63570	30	,401357	,073277
	Productividad faja transportadora con SRT 170	3,27523	30	,236970	,043265
Par 2	Cobertura faja transportadora con instrumento <i>side</i> <i>travel</i> e interruptores	66,53447	30	5,022573	,916992
	Cobertura faja transportadora con SRT 170	63,98430	30	4,806085	,877467

En la tabla se observan los datos de salida del programa SPSS, se notan las comparaciones de las medias entre par de correlación, así mismo, la cantidad de iteraciones y lecturas que se tomaron para cada interruptor y dispositivo relacionado con la faja transportadora y, por consiguiente, la desviación estándar en relación a la media, también la media de error estándar que representa el valor cuantitativo de la lejanía numérica que tienen los valores leídos, en relación a la media, estos datos sirven para el primer análisis de las pruebas de hipótesis.

Tabla 15. Análisis de los datos de correlación de la prueba t de Student

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Productividad faja transportadora con instrumento <i>side travel</i> e interruptores	30	-,089	,642
	Productividad faja transportadora con SRT 170			
Par 2	Cobertura faja transportadora con instrumento <i>side travel</i> e interruptores	30	,481	,007
	Cobertura faja transportadora con SRT 170			

En la tabla se plasman los resultados de las pruebas de correlación, este apartado es importante porque garantiza la correlación que tienen los pares de pruebas para el estadístico. Un nivel Sig. Equivalente a 1 es equivalente a no tener ninguna relación entre la data obtenida por los resultados y, por consiguiente, no hay ninguna relación. Como se puede apreciar en dicha tabla, tienen alto nivel de correlación, puesto que, son próximos al valor de 0, lo que permite ir al siguiente en las pruebas de hipótesis, que es el estudio de los estadísticos de rechazo o aceptación de las hipótesis.

Tabla 16. Prueba t de Student para muestras emparejadas

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	PRODUCTIVIDAD FAJA TRANSPORTADORA CON INSTRUMENTO SIDE TRAVEL E INTERRUPTORES - PRODUCTIVIDAD FAJA TRANSPORTADORA CON SRT -170	1,360467	,483834	,088336	1,179800	1,541133	15,401	29	,000
Par 2	COBERTURA FAJA TRANSPORTADORA CON INSTRUMENTO SIDE TRAVEL E INTERRUPTORES - COBERTURA FAJA TRANSPORTADORA CON SRT -170	2,550167	5,010705	,914825	,679139	4,421195	2,788	29	,009

La tabla muestra los resultados de las pruebas de hipótesis en el estadístico en cuestión, el resultado que se presenta amerita un análisis para el descarte o aceptación de la hipótesis, que estará delimitado por el Sig. Bilateral, que, como se mencionó en líneas anteriores, corresponde a la prueba en dos colas acorde al nivel de significancia del 95 %.

4.3. Resultados de las pruebas de hipótesis

4.3.1. Toma de decisiones

Para el proceso de toma de decisiones se hizo uso del dato del nivel de Sig. en relación con el p-valor, si la hipótesis nula H_0 es menor al valor del p-valor, es decir 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna H_1 . Caso contrario, si el estadístico es mayor o igual al p-valor, entonces se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna.

4.3.2. Hipótesis general: productividad

Tabla 17. Prueba de hipótesis de la productividad

P-valor del estadístico T	Nivel Sig.
0.000	0.05

El estadístico del par 1 que corresponde a la productividad de ambos dispositivos de protección es menor al p-valor, por ende, se acepta la hipótesis alterna: la media de la productividad y transporte de minerales con el interruptor *side travel* es superior a la productividad con el interruptor SRT – 170. Dicho de otra manera, el uso del interruptor de desviación de faja *side travel* e interruptores asociados es más productivo significativamente que el uso del interruptor SRT – 170 con relación a las 30 verificaciones y mediciones.

4.3.3. Hipótesis específica: cobertura

Tabla 18. Prueba de hipótesis de la cobertura

P-valor del estadístico T	Nivel Sig.
0.009	0.05

El estadístico del par 2 que corresponde a la cobertura y eficiencia de ambos dispositivos de protección es menor al p-valor, por ende, se acepta la hipótesis alterna: la media de la cobertura y eficiencia con el interruptor *side travel* es superior a la cobertura con el interruptor SRT – 170. Dicho de otra manera, el uso del interruptor de desviación de faja *side travel* e interruptores asociados es más eficiente significativamente que el uso del interruptor SRT – 170 con relación a las 30 verificaciones y mediciones.

4.4. Resultados de relación porcentual

4.4.1. Productividad de ambos dispositivos

El análisis que se desprende del análisis bivariado de la relación de productividad indica una relación de beneficio que se plasma en la siguiente tabla, cabe

resaltar que este análisis es producto de la superposición de las medias halladas en los resultados y data obtenida.

Tabla 19. Relación proporcional de productividad

	Int. <i>side travel</i>	Int. SRT - 170
Media de producción (kg)	4635.70	3275.23
Resultado porcentual	100 + 41.54	100
Relación de proporción	1.41538	1

El resultado que arroja el análisis de las medias es que, en cuanto a producción, se ocasiona un 41.54 % más utilizando los interruptores *side travel* de desviación de fajas con los interruptores de velocidad y detectores de nivel, que es un indicativo positivo.

4.4.2. Cobertura de ambos dispositivos

El análisis que se desprende del análisis bivariado de la relación de cobertura indica una relación de beneficio que se plasma en la siguiente tabla, cabe resaltar que este análisis es producto de la superposición de las medias halladas en los resultados y data obtenida.

Tabla 20. Relación proporcional de cobertura

	Int. <i>side travel</i>	Int. SRT - 170
Media de cobertura (%)	66.53447	63.98430
Resultado porcentual	100+3.99	100
Relación de proporción	1.03985	1

El resultado que arroja el análisis de las medias es que, en cuanto a la cobertura, se cubre un 3.99 % más utilizando los interruptores *side travel* de desviación de fajas con los interruptores de velocidad y detectores de nivel, que es un indicativo positivo dando sustento a la presente investigación.

CONCLUSIONES

- Se concluye que el dispositivo *side travel* es más productivo en un 41.54 % con la aplicación y utilización de interruptores de velocidad y detectores de nivel, de modo tal que, representa una sólida invitación a invertir en la sustitución y utilización de estos dispositivos de automatización de fajas transportadoras de minerales y que se aplica específicamente en el área de chancado Pebbles de la compañía minera Antamina S. A.
- Se concluye que la utilización del dispositivo de corrección de faja *side travel* tiene mayor cobertura de materiales en un 3.99 %, este resultado afirma que se puede gestionar más cantidad de material y minerales que se derivan de las instalaciones mineras y aprovecharlas en menor cantidad de tiempo.
- Se concluye que la aplicación de dispositivos para la protección y detección de fallas, así como la utilización de la tecnología actual, en las fajas transportadoras, es de vital importancia, puesto que, influye directamente en la productividad que se puede tener no solo en el campo minero sino también en las industrias en general; puesto que, automatiza el proceso de transporte e inhibe la utilización de camiones para este trabajo.
- Se concluye que las bandas transportadoras juegan un papel imprescindible en la productividad y traslado de minerales, puesto que, disminuye los recursos empleados para la instalación de esta y consta de una inversión, pero que, para justificar dicha inversión, es necesario proteger este equipo y es ahí donde radica las bases de esta investigación.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con la modernización de las fajas transportadoras, no solo en la compañía minera de Antamina S. A. sino también en los demás rubros donde se requiera la utilización de esta maquinaria, así como, con la debida protección que se debe tener.
- Se recomienda enfocarse también en la protección que se les debe dar a los equipos y maquinarias, puesto que, son parte imprescindible de la productividad y por ende de ganancias de una empresa, en este marco, es importante hacer hincapié en la justificación económica del equipo al que se tiene que proteger y que es importante analizar para evitar pérdidas innecesarias por falta de previsibilidad de contingencias y fallas.
- Se recomienda implementar una operación de forma local y remota con las capacidades de los dispositivos de protección, así como tener un contador de fallas que se retroalimente constantemente para la obtención de data que facilite la gestión de planes de contingencia y aminorar las paradas del equipo, de este modo, se facilita localizar las fallas y ayuda a la reposición de los sistemas haciendo que se trabaje eficientemente.

LISTA DE REFERENCIAS

1. **BENITEZ, Héctor; CÁRDENAS, Francisco.** *Red reconfigurable mediante el modelo de control predictivo para tres bandas transportadoras como caso de estudio.* 2009.
<https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v20n1/art13.pdf>
2. **CHAGUA, Irenio; QUISPE, Marco; ORTEGA, Olger.** *Diseño y construcción de prototipo de máquina clasificadora de quinua por color usando sensores IR.* 2021.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v24n1/2313-2957-ria-24-01-45.pdf>
3. **ORTIZ, Manuel.** *Implementación de un sistema automatizado para máquinas industriales: una revisión sistemática.* 2021.
<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4721526>
4. **CASTRO, José.** *Diseño de una banda transportadora semiautomática para la fabricación de tanques de combustible de vehículos de carga.* 2021.
<https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/10563/1/100.pdf>
5. **PAEZ, Carolina; PAREJ, Diana.** *Implementación de un modelo de planeación de los procesos de fabricación de bandas transportadoras metálicas y programación de la fabricación de espirales para mejorar el desempeño de ingeniería industrial y comercial de Colombia Ltda.* 2021.
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7396/tesis553.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
6. **ACUÑA, Jorge.** *Análisis para la implementación de una banda transportadora para mineral en el circuito de chancado de la Cía. minera Maperu.* 2016.
https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1632/AN_%C3%81LISIS%20PARA%20LA%20IMPLEMENTACI%C3%93N%20DE%20UNA%20BANDA%20TRANSPARTADORA%20PARA%20MNERAL%20EN%20EL%20CIRCUITO%20DE%20CHANCAD.pdf?sequence=1
7. **NEIRA, Gustavo.** *Diseño de un módulo de enseñanza del sistema motriz de fajas transportadoras.* 2018.
https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/13301/NEIRA_ALATRISTA_GUSTAVO_ALBERTO.pdf?sequence=4
8. **COLQUE, Wilder.** *Diseño del tramo de descarga de una faja transportadora tipo troughed de 26 m de longitud y ancho de correa de 48 pulgadas evaluada por CEMA standard 550.* 2018.
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/8747/MCcohuw.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

9. **HEREDIA, Elvis; VELAZQUES, David.** *Diseño e implementación de un prototipo para automatizar el proceso de traslado de minerales a un almacén de concentrados mediante fajas transportadoras, utilizando el controlador Simatic S7 1200 en el año 2021.* 2021.
<https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/2109/Heredia-Asqui-Velasquez-Limachi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
10. **MELFIN VILLACORTA, M.** *Diseño de una faja transportadora de 150 m para 60 t/h de bagazo de caña de azúcar.* 2021.
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7396/tesis553.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
11. **HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ-COLLADO, R.; BAPTISTA-LUCIO, Pilar.** *Metodología de la investigación.* 2017. McGraw-Hill.

ANEXOS

Anexo 1
Tablas de productividad

Productividad		Faja transportadora con instrumento <i>side travel</i> e interruptores					Faja transportadora con SRT -170					Promedio
TM / Hora Effect	Equipo		Pull cord	<i>Side travel</i>	Zero speed	TKF - 031		IP - 67	SRT - 170	EDX - 4	SRS - 170	Total
1	Día	5,187	5,191	6,968	4,217	4,041	3,306	2,446	3,509	3,051	2,780	4,147
	Noche	4,896	5,093	5,228	4,850	4,423	2,891	2,491	2,478	2,802	2,717	3,776
	Promedio	5,038	5,142	6,130	4,580	4,234	3,091	2,472	2,984	2,926	2,749	3,955
2	Día	5,122	5,242	5,929	5,002	4,305	2,944	3,017	2,965	2,641	2,986	3,990
	Noche	4,674	4,321	4,886	5,166	4,292	2,957	2,943	2,758	2,851	2,950	3,734
	Promedio	4,898	4,770	5,415	5,086	4,299	2,951	2,978	2,859	2,746	2,968	3,858
3	Día	4,269	4,014	5,278	5,021	2,696	3,057	2,919	3,160	3,192	2,456	3,605
	Noche	4,659	5,728	4,927	4,626	3,332	3,087	2,490	3,511	2,960	2,886	3,836

	Promedio	4,467	4,958	5,112	4,824	3,018	3,071	2,634	3,320	3,077	2,670	3,719
	Día	4,565	5,217	4,427	4,995	3,388	3,411	-	3,675	3,149	2,561	4,024
4	Noche	4,666	5,289	5,695	4,330	3,535	3,149	3,388	2,830	2,052	2,523	3,800
	Promedio	4,614	5,242	5,079	4,672	3,467	3,259	3,388	3,252	2,642	2,536	3,905
	Día	5,591	5,967	6,044	5,607	2,944	3,562	3,324	3,646	2,927	2,921	4,238
5	Noche	4,165	5,717	5,694	2,481	2,616	3,140	2,213	3,600	1,780	2,711	3,551
	Promedio	4,749	5,842	5,869	3,376	2,699	3,343	2,767	3,623	2,278	2,818	3,863
	Día	5,671	5,599	6,812	2,789	2,621	3,697	3,267	3,426	3,545	4,104	4,281
6	Noche	4,786	5,508	5,687	3,134	2,617	3,580	2,268	2,932	3,253	3,116	4,018
	Promedio	5,159	5,547	6,249	3,031	2,615	3,639	2,811	3,187	3,388	3,642	4,142

	Día	5,046	5,941	6,333	3,860	2,872	3,826	3,268	3,434	2,514	4,181	4,388
7	Noche	3,803	5,178	4,168	3,718	1,923	3,696	2,556	2,471	2,917	3,310	3,736
	Promedio	4,458	5,590	5,362	3,801	2,288	3,753	2,885	3,069	2,833	3,694	4,045
	Día	4,392	4,486	4,736	4,937	3,486	3,682	3,144	3,059	2,490	3,726	3,932
8	Noche	4,379	4,985	5,076	3,601	3,256	3,554	2,681	2,663	3,157	3,265	3,881
	Promedio	4,385	4,840	4,945	4,507	3,369	3,618	2,902	2,867	2,850	3,519	3,906
	Día	4,755	6,060	6,111	3,249	3,269	3,604	2,781	3,447	2,981	-	4,029
9	Noche	4,605	5,206	5,197	3,105	4,102	3,120	2,259	2,661	1,743	3,193	3,687
	Promedio	4,674	5,637	5,655	1,624	3,835	3,349	2,517	3,053	2,352	3,193	3,846
10	Día	4,308	5,645	6,124	3,197	5,264	3,599	3,554	2,998	2,285	3,314	3,908

	Noche	4,649	4,713	6,098	2,353	5,116	3,274	2,465	1,965	2,309	3,474	3,899
	Promedio	4,483	5,149	6,111	1,165	5,188	3,438	3,197	2,250	2,297	3,396	3,904
11	Día	5,688	5,761	5,599	5,510	5,708	3,057	2,529	3,466	1,528	3,736	3,990
	Noche	5,161	5,979	5,421	3,557	4,726	3,009	2,535	2,428	1,904	3,463	3,855
	Promedio	5,405	5,876	5,510	3,557	5,241	3,033	2,532	2,964	1,715	3,601	3,921
12	Día	6,014	6,590	7,068	3,994	4,616	3,516	3,790	3,394	1,941	3,472	4,520
	Noche	5,083	5,797	6,094	4,216	4,026	3,361	2,876	2,901	2,967	2,837	4,105
	Promedio	5,515	6,225	6,591	4,120	4,221	3,438	3,353	3,147	2,531	3,196	4,305
13	Día	5,230	5,148	7,916	3,891	4,258	2,996	2,545	2,498	1,773	3,177	3,935
	Noche	4,717	5,169	4,560	4,900	4,223	3,117	3,194	2,754	2,094	2,863	3,855

	Promedio	4,952	5,160	6,046	4,425	4,240	3,057	2,864	2,629	1,945	3,030	3,893
	Día	5,084	5,830	5,528	3,486	5,086	3,485	2,503	2,804	2,884	3,883	3,993
14	Noche	4,617	5,239	5,501	3,787	4,533	3,408	3,496	2,899	2,853	2,689	3,908
	Promedio	4,804	5,528	5,501	3,693	4,780	3,447	3,003	2,853	2,871	3,263	3,947
	Día	5,162	5,738	6,349	2,934	4,346	3,548	2,328	3,017	2,921	3,850	4,246
15	Noche	4,859	5,515	6,459	3,427	4,077	3,083	3,087	2,859	2,224	2,744	3,916
	Promedio	4,992	5,625	6,404	3,249	4,178	3,305	2,680	2,938	2,445	3,280	4,068
	Día	4,974	5,006	5,737	4,342	4,696	3,227	3,302	2,811	3,224	3,068	4,014
16	Noche	4,836	5,212	5,415	3,644	4,914	2,748	2,727	2,735	1,847	1,950	3,641
	Promedio	4,902	5,118	5,575	3,643	4,811	2,968	2,972	2,772	2,534	2,493	3,816

	Día	5,062	5,560	6,897	2,441	4,352	3,208	2,784	2,881	3,112	2,336	4,025
17	Noche	4,783	5,261	5,763	3,464	4,258	3,173	2,339	2,723	2,835	2,783	3,845
	Promedio	4,917	5,414	6,334	2,940	4,293	3,189	2,542	2,801	2,965	2,609	3,929
	Día	4,993	4,461	6,197	4,001	4,276	3,799	2,979	3,422	2,595	3,620	4,273
18	Noche	4,547	5,117	4,670	3,995	4,324	3,348	2,750	2,768	2,508	3,055	3,849
	Promedio	4,731	4,870	5,433	3,998	4,309	3,543	2,857	3,116	2,529	3,332	4,029
	Día	5,405	6,032	5,809	4,841	4,892	3,761	2,956	893	3,203	2,325	4,566
19	Noche	4,786	5,484	5,466	4,008	4,288	3,140	1,873	2,074	1,625	2,735	3,829
	Promedio	5,084	5,756	5,638	4,425	4,544	3,395	2,293	1,951	2,351	2,568	4,155
20	Día	4,338	4,628	4,252	4,594	3,828	3,465	2,874	2,950	1,914	1,869	3,861

	Noche	4,603	5,124	5,452	4,470	3,377	3,205	2,027	3,290	1,562	2,114	3,780
	Promedio	4,474	4,884	4,837	4,530	3,587	3,321	2,027	3,116	1,728	2,035	3,817
21	Día	4,169	4,446	5,382	3,276	3,319	3,188	2,695	3,009	2,651	2,262	3,546
	Noche	3,990	5,342	4,957	3,132	2,494	3,081	2,337	2,600	1,444	2,535	3,458
	Promedio	4,070	4,932	5,158	3,193	2,860	3,135	2,516	2,806	2,105	2,400	3,500
22	Día	4,412	4,956	5,072	5,304	2,400	3,523	3,007	2,949	2,337	2,852	3,904
	Noche	4,243	5,102	5,213	4,521	2,288	3,097	2,212	2,861	2,253	2,414	3,535
	Promedio	4,331	5,031	5,128	4,919	2,347	3,300	2,617	2,906	2,253	2,642	3,718
23	Día	4,364	5,154	5,578	4,261	2,367	3,494	2,805	3,112	3,138	2,696	3,856
	Noche	3,572	4,483	5,089	3,014	1,634	3,504	2,985	3,148	2,568	1,984	3,534

	Promedio	3,947	4,805	5,325	3,574	1,984	3,499	2,892	3,130	2,842	2,440	3,690
	Día	3,850	2,040	4,916	3,998	2,885	3,236	2,524	2,462	2,801	2,440	3,460
24	Noche	4,442	4,040	5,151	4,916	3,417	2,889	2,447	2,647	2,246	2,471	3,470
	Promedio	4,163	3,739	5,035	4,436	3,129	3,056	2,485	2,553	2,516	2,458	3,465
	Día	3,928	3,320	4,438	3,869	4,052	3,839	2,844	3,252	3,551	2,954	3,866
25	Noche	3,929	3,457	4,291	4,086	4,138	3,558	2,102	3,169	3,017	2,750	3,692
	Promedio	3,929	3,400	4,370	3,997	4,099	3,705	2,613	3,212	3,312	2,847	3,779
	Día	4,017	4,789	4,135	4,369	2,757	3,569	2,645	2,458	2,012	2,867	3,744
26	Noche	4,573	5,214	5,265	4,205	3,582	2,903	2,914	2,686	2,687	2,527	3,572
	Promedio	4,308	5,010	4,726	4,292	3,220	3,226	2,788	2,686	2,362	2,712	3,655

	Día	4,866	6,285	5,654	4,370	3,548	3,460	2,974	3,362	2,090	2,273	4,055
27	Noche	4,425	5,283	4,730	4,139	3,614	2,846	2,454	2,697	2,230	2,164	3,484
	Promedio	4,633	5,694	5,190	4,250	3,582	3,123	2,712	3,010	2,176	2,200	3,746
	Día	4,792	5,514	5,892	3,557	3,493	3,030	2,224	2,898	1,596	1,656	3,791
28	Noche	4,280	4,669	4,852	4,358	2,986	2,935	2,438	2,521	2,449	1,697	3,514
	Promedio	4,524	5,090	5,379	4,008	3,217	2,980	2,322	2,710	2,075	1,686	3,646
	Día	4,162	5,367	5,225	4,009	2,169	2,972	2,786	3,025	1,970	1,813	3,456
29	Noche	4,350	5,144	5,103	4,275	2,906	2,828	2,696	2,730	2,334	1,763	3,453
	Promedio	4,258	5,251	5,163	4,143	2,542	2,899	2,738	2,893	2,148	1,787	3,455
30	Día	4,421	5,012	5,403	3,909	2,638	3,089	2,862	2,828	2,663	2,127	3,611

Noche	4,374	5,514	4,891	4,344	2,532	3,164	2,994	3,225	2,549	2,913	3,660
Promedio	4,397	5,260	5,146	4,128	2,576	3,126	2,927	3,024	2,605	2,532	3,636

Anexo 2
Tablas de cobertura

Cobertura		Faja transportadora con instrumento <i>side travel</i> e interruptores de potencia					Faja transportadora con SRT -170					Promedio
(%)	Equipo		Pull cord	Side travel	Zero speed	TKF - 031		IP - 67	SRT - 170	EDX - 4	SRS - 170	Total
1	Día	70.6 %	77.4 %	80.5 %	61.7 %	59.7 %	63.0 %	54.6 %	65.8 %	54.5 %	69.8 %	66.4 %
	Noche	68.3 %	73.8 %	66.8 %	68.6 %	64.0 %	58.0 %	52.4 %	50.0 %	54.0 %	62.0 %	62.6 %
	Promedio	69.4 %	75.6 %	73.9 %	65.6 %	61.9 %	60.4 %	53.3 %	57.8 %	54.2 %	65.9 %	64.4 %
2	Día	67.2 %	75.7 %	67.6 %	64.2 %	61.7 %	68.2 %	58.6 %	73.3 %	69.1 %	71.8 %	67.7 %
	Noche	66.5 %	61.2 %	66.6 %	66.4 %	72.2 %	61.4 %	58.1 %	68.4 %	55.1 %	58.1 %	63.7 %
	Promedio	66.9 %	68.3 %	67.1 %	65.3 %	66.7 %	64.6 %	58.3 %	70.8 %	62.1 %	65.1 %	65.7 %
3	Día	64.1 %	74.3 %	64.4 %	69.3 %	50.0 %	62.4 %	62.0 %	64.5 %	67.1 %	58.4 %	63.2 %
	Noche	73.5 %	76.9 %	77.5 %	71.5 %	68.0 %	65.9 %	50.5 %	79.0 %	73.5 %	63.1 %	69.5 %

	Promedio	68.9 %	75.7 %	70.6 %	70.4 %	59.1 %	64.1 %	54.4 %	71.1 %	70.3 %	60.8 %	66.3 %
	Día	66.1 %	81.6 %	60.0 %	64.7 %	56.1 %	73.6 %	0.0 %	85.3 %	67.1 %	67.2 %	69.6 %
4	Noche	69.7 %	72.0 %	74.4 %	70.5 %	62.3 %	62.7 %	79.8 %	59.8 %	56.0 %	53.2 %	65.7 %
	Promedio	67.8 %	78.3 %	67.4 %	67.5 %	59.5 %	67.3 %	79.8 %	72.6 %	61.9 %	58.0 %	67.5 %
	Día	77.7 %	79.5 %	79.8 %	74.1 %	69.6 %	74.7 %	80.7 %	79.7 %	73.1 %	68.2 %	75.7 %
5	Noche	63.5 %	73.2 %	70.4 %	53.2 %	56.6 %	59.6 %	44.9 %	79.3 %	41.2 %	61.5 %	61.2 %
	Promedio	69.3 %	76.3 %	75.1 %	59.2 %	59.9 %	66.9 %	62.7 %	79.5 %	55.1 %	64.9 %	67.8 %
	Día	70.8 %	71.1 %	80.3 %	44.9 %	0.0 %	76.4 %	74.3 %	82.7 %	69.8 %	84.5 %	74.8 %
6	Noche	73.3 %	75.3 %	76.9 %	66.1 %	100.0 %	68.0 %	52.0 %	59.8 %	68.4 %	71.6 %	69.9 %
	Promedio	72.2 %	73.5 %	78.6 %	59.8 %	100.0 %	72.2 %	64.1 %	71.6 %	69.0 %	78.5 %	72.2 %

	Día	73.9 %	77.0 %	88.5 %	60.4 %	64.5 %	74.4 %	79.4 %	75.2 %	45.6 %	77.6 %	74.2 %
7	Noche	56.0 %	70.3 %	66.4 %	50.6 %	33.6 %	67.8 %	54.2 %	52.7 %	62.3 %	70.6 %	63.4 %
	Promedio	65.5 %	73.9 %	78.6 %	56.3 %	45.5 %	70.7 %	65.8 %	66.7 %	58.8 %	73.7 %	68.5 %
	Día	67.5 %	62.4 %	72.0 %	72.4 %	61.2 %	65.4 %	61.8 %	70.0 %	42.0 %	68.2 %	66.1 %
8	Noche	71.0 %	72.0 %	73.2 %	65.8 %	69.9 %	65.7 %	58.4 %	54.0 %	66.2 %	62.0 %	67.8 %
	Promedio	69.4 %	69.2 %	72.7 %	70.3 %	65.6 %	65.5 %	60.0 %	62.2 %	55.0 %	65.4 %	67.0 %
	Día	77.2 %	81.7 %	75.5 %	100.0 %	50.7 %	68.8 %	50.1 %	75.5 %	66.2 %	0.0 %	71.9 %
9	Noche	66.9 %	70.6 %	73.2 %	49.2 %	65.0 %	58.5 %	47.9 %	45.2 %	43.3 %	64.7 %	61.7 %
	Promedio	71.6 %	76.2 %	74.3 %	73.4 %	60.4 %	63.4 %	49.0 %	60.3 %	54.6 %	64.7 %	66.5 %
10	Día	79.6 %	73.4 %	71.9 %	100.0 %	73.8 %	73.1 %	86.0 %	72.3 %	55.7 %	67.9 %	75.9 %

	Noche	63.9 %	68.6 %	77.9 %	35.9 %	69.3 %	63.6 %	57.5 %	42.9 %	54.9 %	69.9 %	63.7 %
	Promedio	71.5 %	70.9 %	75.0 %	68.3 %	71.5 %	68.4 %	76.7 %	51.0 %	55.3 %	69.0 %	69.8 %
	Día	72.8 %	76.1 %	67.8 %	0.0 %	74.5 %	62.7 %	55.8 %	76.7 %	38.6 %	77.2 %	66.3 %
11	Noche	74.8 %	86.1 %	80.3 %	58.1 %	64.2 %	63.5 %	62.1 %	57.2 %	50.5 %	71.3 %	68.0 %
	Promedio	73.9 %	81.4 %	74.1 %	58.1 %	69.6 %	63.1 %	59.0 %	67.3 %	44.5 %	74.3 %	67.1 %
	Día	76.2 %	84.0 %	86.3 %	56.0 %	59.3 %	77.0 %	74.2 %	82.1 %	55.1 %	81.7 %	76.7 %
12	Noche	74.9 %	79.5 %	79.4 %	71.0 %	68.9 %	68.3 %	61.6 %	61.9 %	70.5 %	72.9 %	71.2 %
	Promedio	75.5 %	81.9 %	82.9 %	64.5 %	65.7 %	72.6 %	68.2 %	71.9 %	64.0 %	77.9 %	73.8 %
13	Día	65.2 %	66.1 %	79.6 %	58.0 %	58.9 %	54.2 %	50.2 %	44.4 %	45.6 %	61.3 %	58.9 %
	Noche	67.7 %	60.6 %	66.9 %	74.4 %	68.9 %	63.7 %	63.4 %	64.6 %	53.0 %	64.7 %	65.5 %

	Promedio	66.5 %	63.0 %	72.5 %	66.7 %	64.2 %	59.0 %	56.7 %	54.7 %	49.5 %	62.9 %	62.3 %
	Día	71.4 %	78.8 %	0.0 %	55.2 %	71.6 %	63.9 %	53.6 %	55.0 %	51.9 %	78.8 %	66.3 %
14	Noche	70.4 %	67.5 %	80.6 %	69.1 %	71.5 %	70.0 %	74.1 %	76.1 %	50.1 %	68.5 %	70.2 %
	Promedio	70.8 %	73.0 %	80.6 %	64.8 %	71.5 %	66.9 %	63.9 %	65.9 %	51.2 %	73.5 %	68.3 %
	Día	71.9 %	83.8 %	76.7 %	52.7 %	62.3 %	69.6 %	47.0 %	69.0 %	58.5 %	78.7 %	70.6 %
15	Noche	64.9 %	68.8 %	77.7 %	54.9 %	58.6 %	68.4 %	67.2 %	66.7 %	56.1 %	73.7 %	66.8 %
	Promedio	68.0 %	76.2 %	77.2 %	54.1 %	60.0 %	69.0 %	56.4 %	67.8 %	56.9 %	76.1 %	68.5 %
	Día	69.0 %	65.1 %	80.4 %	61.1 %	68.0 %	67.1 %	58.8 %	65.7 %	55.6 %	81.9 %	68.0 %
16	Noche	69.8 %	67.2 %	70.6 %	70.1 %	71.4 %	57.8 %	61.3 %	63.5 %	47.7 %	49.4 %	62.9 %
	Promedio	69.4 %	66.2 %	75.5 %	65.6 %	69.8 %	62.1 %	60.2 %	64.6 %	51.6 %	65.2 %	65.3 %

17	Día	71.4 %	81.8 %	82.7 %	50.5 %	60.2 %	68.0 %	63.3 %	70.0 %	59.2 %	74.0 %	69.5 %
	Noche	67.8 %	79.9 %	68.1 %	51.7 %	67.0 %	62.0 %	47.1 %	55.2 %	63.4 %	68.7 %	64.4 %
	Promedio	69.5 %	80.9 %	75.5 %	51.1 %	64.5 %	64.7 %	54.5 %	62.4 %	61.5 %	70.8 %	66.8 %
18	Día	73.0 %	77.5 %	82.4 %	59.9 %	62.8 %	78.5 %	79.2 %	73.9 %	49.2 %	78.2 %	76.3 %
	Noche	64.1 %	70.3 %	66.6 %	56.9 %	61.4 %	63.3 %	54.2 %	63.1 %	56.5 %	73.8 %	63.6 %
	Promedio	67.7 %	73.0 %	74.5 %	58.1 %	61.9 %	69.9 %	65.9 %	68.9 %	54.7 %	76.0 %	69.0 %
19	Día	72.7 %	81.0 %	78.7 %	61.2 %	70.5 %	69.5 %	64.9 %	34.7 %	58.3 %	70.4 %	71.0 %
	Noche	68.3 %	81.5 %	79.0 %	54.6 %	60.0 %	55.0 %	34.3 %	44.5 %	32.2 %	68.5 %	60.6 %
	Promedio	70.4 %	81.2 %	78.9 %	57.9 %	64.4 %	60.9 %	46.2 %	43.4 %	44.2 %	69.3 %	65.2 %
20	Día	62.4 %	79.7 %	59.2 %	58.3 %	51.1 %	60.8 %	0.0 %	65.9 %	40.7 %	43.7 %	61.5 %

	Noche	68.9 %	76.5 %	75.6 %	69.0 %	54.3 %	56.8 %	49.5 %	70.9 %	31.5 %	44.6 %	61.7 %
	Promedio	65.7 %	78.1 %	67.2 %	63.9 %	52.8 %	58.5 %	49.5 %	68.4 %	35.8 %	44.3 %	61.6 %
	Día	62.6 %	75.2 %	68.6 %	50.7 %	53.4 %	62.8 %	58.3 %	59.3 %	59.5 %	67.9 %	62.7 %
21	Noche	56.8 %	71.6 %	59.0 %	56.0 %	40.4 %	55.1 %	54.8 %	56.3 %	26.9 %	54.8 %	55.8 %
	Promedio	59.4 %	73.2 %	63.5 %	53.7 %	46.2 %	59.0 %	56.6 %	57.8 %	44.8 %	61.3 %	59.2 %
	Día	64.0 %	74.4 %	62.1 %	80.1 %	38.8 %	69.3 %	64.8 %	62.5 %	0.0 %	71.8 %	67.0 %
22	Noche	59.9 %	63.4 %	57.8 %	67.6 %	48.4 %	57.1 %	51.2 %	56.9 %	37.4 %	57.9 %	58.2 %
	Promedio	62.1 %	68.7 %	60.4 %	74.0 %	43.3 %	62.9 %	58.1 %	59.8 %	37.4 %	65.2 %	62.6 %
23	Día	64.0 %	74.3 %	74.9 %	58.5 %	46.9 %	61.7 %	63.7 %	62.5 %	51.6 %	59.5 %	62.7 %
	Noche	47.1 %	62.9 %	57.0 %	44.0 %	24.0 %	60.8 %	74.8 %	61.8 %	40.2 %	56.0 %	54.8 %

	Promedio	55.1 %	68.4 %	65.6 %	50.5 %	35.0 %	61.3 %	69.0 %	62.1 %	45.7 %	58.2 %	58.6 %
	Día	52.1 %	31.3 %	63.4 %	51.0 %	44.9 %	55.9 %	55.8 %	53.9 %	47.9 %	50.6 %	54.5 %
24	Noche	65.9 %	68.7 %	68.3 %	66.5 %	60.0 %	55.4 %	62.5 %	62.5 %	42.6 %	52.3 %	59.3 %
	Promedio	59.4 %	63.1 %	65.9 %	58.4 %	51.8 %	55.6 %	59.1 %	58.1 %	45.2 %	51.7 %	57.0 %
	Día	59.1 %	54.1 %	60.4 %	52.8 %	64.5 %	72.2 %	65.0 %	67.8 %	71.9 %	75.4 %	68.3 %
25	Noche	62.9 %	55.8 %	63.7 %	51.3 %	74.3 %	72.2 %	56.4 %	71.7 %	74.7 %	68.3 %	68.8 %
	Promedio	61.2 %	55.1 %	61.9 %	51.9 %	69.9 %	72.2 %	62.3 %	69.7 %	73.2 %	71.7 %	68.5 %
	Día	61.6 %	69.8 %	55.2 %	73.1 %	49.5 %	64.4 %	54.1 %	0.0 %	35.9 %	68.3 %	63.3 %
26	Noche	64.4 %	65.1 %	68.2 %	66.8 %	59.3 %	62.0 %	63.1 %	57.3 %	50.3 %	71.6 %	63.0 %
	Promedio	63.1 %	67.4 %	62.0 %	70.1 %	55.0 %	63.1 %	58.9 %	57.3 %	43.4 %	69.8 %	63.1 %

	Día	69.5 %	73.1 %	76.4 %	67.9 %	61.5 %	63.9 %	59.2 %	67.5 %	55.9 %	55.2 %	66.3 %
27	Noche	62.2 %	61.0 %	69.0 %	64.2 %	54.4 %	54.5 %	48.1 %	52.7 %	42.3 %	60.4 %	57.6 %
	Promedio	65.7 %	65.9 %	72.7 %	66.0 %	57.8 %	58.7 %	53.6 %	59.7 %	47.6 %	58.7 %	61.6 %
	Día	63.2 %	71.1 %	69.0 %	52.3 %	55.6 %	54.6 %	40.0 %	52.8 %	32.1 %	56.4 %	58.3 %
28	Noche	61.2 %	61.3 %	70.8 %	59.6 %	51.2 %	57.3 %	47.6 %	44.8 %	53.5 %	61.5 %	59.0 %
	Promedio	62.2 %	66.2 %	69.9 %	56.4 %	53.2 %	56.0 %	43.5 %	48.8 %	44.1 %	60.1 %	58.7 %
	Día	59.1 %	74.0 %	75.3 %	56.1 %	32.7 %	61.4 %	57.7 %	59.2 %	44.2 %	63.9 %	60.4 %
29	Noche	59.9 %	63.8 %	66.7 %	58.8 %	50.7 %	57.6 %	63.9 %	52.2 %	53.2 %	54.4 %	58.5 %
	Promedio	59.5 %	68.7 %	70.9 %	57.4 %	41.8 %	59.4 %	61.0 %	56.1 %	48.6 %	59.0 %	59.5 %
30	Día	60.6 %	64.3 %	65.3 %	61.8 %	45.6 %	61.1 %	56.6 %	53.7 %	47.8 %	50.5 %	60.9 %

Noche	56.5 %	63.3 %	61.7 %	58.9 %	40.1 %	61.0 %	65.7 %	60.0 %	50.1 %	56.4 %	59.1 %
Promedio	58.5 %	63.8 %	63.5 %	60.4 %	42.4 %	61.1 %	61.1 %	56.8 %	49.0 %	53.5 %	60.0 %
