

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES**  
**PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**INFORME DE EXPERIENCIA PROFESIONAL**  
**REALIZADA EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE CEMENTO**  
**DEL SUR DEL PERU DURANTE LOS AÑOS 2009 AL 2012**

**Presentado por el Bachiller Juan Julio Villalobos Valdivia**  
**para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial**

Arequipa - 2014

# UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTA MARIA



PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“INFORME DE EXPERIENCIA PROFESIONAL  
REALIZADA EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE CEMENTO  
DEL SUR DEL PERU DURANTE LOS AÑOS 2009 AL 2012”**

**Bachiller Juan Julio Villalobos Valdivia**

Abril - 2014

## DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida y la sabiduría necesaria para llegar a este momento tan importante de mi vida y lograr mis objetivos;

A mis Padres por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por los ejemplos de perseverancia para seguir adelante, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien y por haberme acompañado en mi camino profesional;

A mi tía a quien quiero como a una madre y a mis hermanas, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuestas a escucharme y apoyarme en cualquier momento.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CAP. I: PRESENTACIÓN DEL INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL.	6
1.1 Título.	6
1.2 Objetivos.	6
1.3 Introducción.	7
CAP. II: DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA	9
2.1 Antecedentes históricos del lugar.	9
2.2 Razón social de la Empresa.	10
2.3 Ubicación geográfica de la Empresa.	11
2.4 Reseña histórica de la Empresa.	11
2.5 Misión.	13
2.6 Visión.	13
2.7 Planes y proyectos de inversión a corto y largo plazo.	13
2.8 Valores.	14
2.9 Organigrama del área de trabajo.	15
2.10 Política del sistema de gestión integrado.	16
2.11 Participación en el mercado.	17
2.12 Proceso productivo de Cemento Yura S.A.	18
CAP. III: MARCO TEÓRICO.	22
3.1 Antecedentes.	22
3.2 La productividad.	24
3.2.1 Definición histórica de productividad.	24
3.2.2 Elementos claves de la productividad.	26
3.2.3 Factores que influyen en la productividad.	27
3.2.4 Importancia de la formación-capacitación.	29
3.2.5 Medición de la productividad industrial.	30
3.2.6 Instrumentos de análisis de la productividad.	31
3.3 Tecnología industrial.	36

3.3.1 Tipos de tecnología.	37
3.3.2 La innovación.	38
3.4 Mantenimiento industrial.	39
3.4.1 Desarrollo del concepto 'mantenimiento industrial'.	39
3.4.2 Tipos de mantenimiento.	42
3.4.3 Herramientas para la administración del mantenimiento.	43
3.5 Conceptos básicos.	44
CAP. IV: PROPUESTAS E INFORME DE EXPERIENCIA PROFESIONAL.	46
4.1 La labor profesional del autor de este informe.	46
4.2 La situación de la productividad en la empresa Yura S.A. Previa a la implementación de mejoras.	47
4.2.1 Indicadores de productividad de la empresa.	47
4.2.2 Determinación de las causas de la baja productividad.	49
4.3 Implementación de acciones para mejorar la productividad.	61
4.3.1 Capacitación del personal.	62
4.3.2 Implementación de inspecciones preventivas y predictivas en el molino vertical de cemento.	67
4.3.3 Mejoras en los equipos del proceso productivo.	78
4.3.4 Estandarización de procedimientos.	88
CAP. V: RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS ACCIONES PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD.	89
5.1 Incremento del Ratio de producción del molino	89
5.2 Disminución del consumo de energía por tonelada producida	91
5.3 Disminución de la cantidad de paradas imprevistas del molino	92
5.4 Reducción de costos con las mejoras implementadas.	93
5.5 Análisis de la correlación de indicadores de productividad con el Software SPSS.	95
5.5.1 Número de paradas.	96
5.5.2 Consumo de energía.	97

5.5.3 Ratio de producción.	98
5.5.4 Costo por tonelada.	99
5.5.5 Correlaciones de indicadores	100
CONCLUSIONES	102
RECOMENDACIONES	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106



## CAPITULO I:

### PRESENTACION DEL INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL

#### 1.1. TÍTULO

“INFORME DE EXPERIENCIA PROFESIONAL  
REALIZADA EN UNA EMPRESA PRODUCTORA  
DE CEMENTO DEL SUR DEL PERU DURANTE LOS AÑOS 2009 AL 2012”

#### 1.2. OBJETIVOS

##### 1.2.1. Objetivo general:

- Integrar y afianzar los conocimientos de ingeniería industrial mediante la práctica profesional realizada en la fábrica ‘Cemento Yura’ 2009-2012.

##### 1.2.2. Objetivos específicos:

- Determinar los beneficios alcanzados para la empresa Yura S.A.
- Contribuir al aumento de la producción en la planta de molienda de ‘Yura S.A.’
- Profundizar y ampliar conocimientos en el área de producción de la empresa ‘Yura S.A.’
- Optimización de recursos en el proceso de producción de la empresa ‘Yura S.A.’

### 1.3. INTRODUCCION

El presente trabajo-informe lo elaboro con el fin de demostrar la integración del aprendizaje adquirido durante los estudios universitarios con mi experiencia laboral en el área de producción desde el año 2009 al 2012 en una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de cemento.

De manera específica, mi labor está enfocada hacia el desarrollo de propuestas útiles en el campo de la productividad, específicamente en el proceso de molienda con un molino vertical de cuatro rodillos marca Loesche. Durante el tiempo que llevo de trabajo desempeño el puesto de 'Inspector de proceso de molienda de cemento', cuyo objetivo principal es lograr valores óptimos de productividad en el molino vertical.

*Imagen nº 1: Planta de Cemento Yura S.A.*



*Fuente: Página web de la empresa Yura S.A.*

Es aquí donde desenvuelvo mis capacidades profesionales, y en esta interacción con el trabajo presento por escrito mis logros mediante el análisis causa-efecto, estadística, estandarización de procesos y mantenimiento predictivo; y cómo estas ayudaron a elevar la eficiencia y productividad del proceso de cemento.

La presentación del informe se circunscribe al análisis de las labores desempeñadas y herramientas aplicadas en el molino vertical de cemento Loesche, que es el principal equipo de la planta y el más crítico debido a su capacidad de producción con respecto a otros molinos de la planta.



## CAPITULO II:

### DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

#### 2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL LUGAR

Yura, es un Distrito, ubicado en el Departamento Arequipa, Provincia Arequipa. Este departamento está al sur del Perú, se caracteriza por su gran desarrollo económico en materia de producción, construcción y comercio. En la imagen se ilustra las Provincias de este departamento.

*Imagen nº 2: Mapa del Departamento de Arequipa y sus Provincias.*



Fuente: [www.google.com.pe](http://www.google.com.pe)

Arequipa, tiene ocho provincias y 108 distritos. Las provincias son: Arequipa, Camaná, Caravelí, Castilla, Caylloma, Condesuyos, Islay y La Unión. La Provincia de Arequipa tiene 29 distritos, uno de los cuales es “Yura”. Este distrito se encuentra a 30 km. de la ciudad metropolitana.

La página web de la Municipalidad Distrital de Yura informa que su nombre viene del vocablo quechua ‘Yuracc’, que significa ‘blanco’ aludiendo al emplazamiento geográfico del pueblo de Yura Viejo que está a la ladera del tufo volcánico de color blanco con gran adición de puzolana. Fue poblada antiguamente por varias etnias pastoriles que iban de paso.

Durante su historia, algunos factores lo determinaron decisivamente: su tradición; las aguas termales, lugar de reposo desde hace muchas generaciones; y la fábrica de cemento que dio trabajo y contribuyó a la transformación del entorno.

## 2.2. RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA

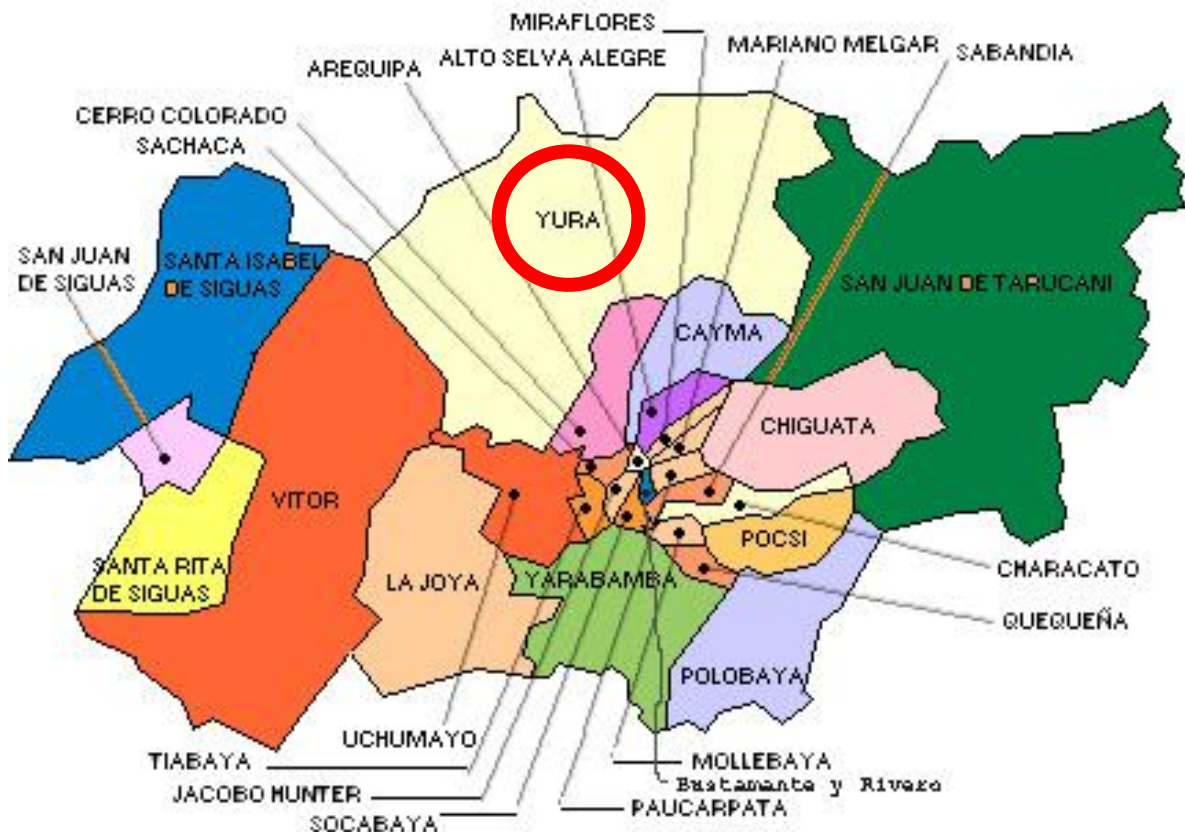


- El nombre de la empresa: YURA S.A.
- Número de RUC: 20312372895
- Tipo Contribuyente: SOCIEDAD ANONIMA

### 2.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA EMPRESA

Ciudad de Yura s/n, Distrito Yura, Provincia Arequipa, Departamento Arequipa.

*Imagen nº 3: Mapa de la Provincia de Arequipa y sus Distritos.*



*Fuente: [www.google.com.pe](http://www.google.com.pe)*

### 2.4. RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA Y GRUPO ECONÓMICO QUE LO DIRIGE

Cemento Yura S.A. fue constituida en 1962 como una compañía regional de propiedad del Estado a través del Gobierno Regional de Arequipa, regulada por la Ley de Actividad Empresarial del Estado (página web de la empresa).

En febrero de 1994, en el marco de la Ley de Promoción de la Inversión Privada de Empresas del Estado, se privatizó el 100% de las acciones de Cementos Yura S.A., siendo estas adquiridas por Gloria S.A. En octubre de 1995, el Grupo Gloria adquirió Cemento Sur S.A. y luego en diciembre de 1996 adquirió Industrias Cachimayo S.A.C.

En febrero de 2008, los accionistas del Grupo Gloria decidieron realizar una reorganización integral con el objetivo de tener una estructura funcional y ordenada verticalmente, de acuerdo a líneas de negocio específicas, independizando los patrimonios de Gloria S.A. y Yura S.A., de tal manera que se consoliden en cada una de éstas empresas, aquellos elementos patrimoniales asociados al desarrollo de su actividad principal. En marzo de 2008 se aprobó el proyecto de división por el cual Gloria S.A. segregó un bloque patrimonial que fue absorbido por Consorcio Cementero del Sur S.A.

Consorcio Cementero del Sur S.A., es una empresa holding del Grupo Gloria, que se constituyó el 11 de febrero del 2008 y que participa en el desarrollo e implementación de una unidad de negocio independiente de Gloria S.A., especializada en la industria del cemento, minería y explosivos.

El holding cementero lo integran las siguientes empresas:

- Yura S.A.
- Cemento Sur S.A.
- Industrias Cachimayo S.A.C.
- Concretos Supermix S.A.
- Sociedad Boliviana de Cemento S.A. (SOBOCE)

Yura S.A., fue la primera empresa de fabricación de cemento en el Perú que obtuvo los reconocimientos de las Normas Internacionales ISO 9001, de gestión de calidad, el año 2000; y el ISO 14001 de gestión ambiental, el año 2004 por parte de SGS. Hoy se prepara para adquirir el OHSAS 18001 que lo ubicaría como ente competitivo en lo que respecta al Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional (referencia página web [www.yura.com.pe](http://www.yura.com.pe)).

La empresa se ha convertido en un importante eje de desarrollo de la Macro Región Sur del Perú, a través de la producción y comercialización de cemento de la más alta calidad liderando el abastecimiento del mercado costero y andino del sur del Perú. Tiene consolidado el liderazgo y la aceptación en su mercado de influencia gracias a su cemento adicionado con puzolana natural.

## 2.5. MISIÓN

Somos fuente de desarrollo, produciendo y comercializando cemento, concreto y servicios de la más alta calidad para ser siempre la primera opción del mercado en un entorno que: motive y desarrolle a nuestros colaboradores, comunidades, clientes y proveedores; promueva la armonía con el medio ambiente y maximice el valor de la empresa.

## 2.6. VISIÓN

Seremos una organización líder en los mercados que participemos, coherentes con nuestros principios y valores, de modo que nuestros grupos de interés se sientan plenamente identificados.

## 2.7. PLANES Y PROYECTOS DE INVERSIÓN A CORTO Y LARGO PLAZO

### A corto plazo:

- Completar las certificaciones internacionales de calidad: el de OHSAS 18001 en el tema del sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional.
- La adquisición de un nuevo molino de cemento de última tecnología.

### A largo plazo:

- Instalación y montaje de una nueva línea de producción de cemento.
- Renovación de la flota de transporte de cemento a los puntos de distribución.
- Incrementar la producción y exportar mayores volúmenes a Chile y Bolivia.
- Abrir nuevas canteras para la provisión de materia prima.

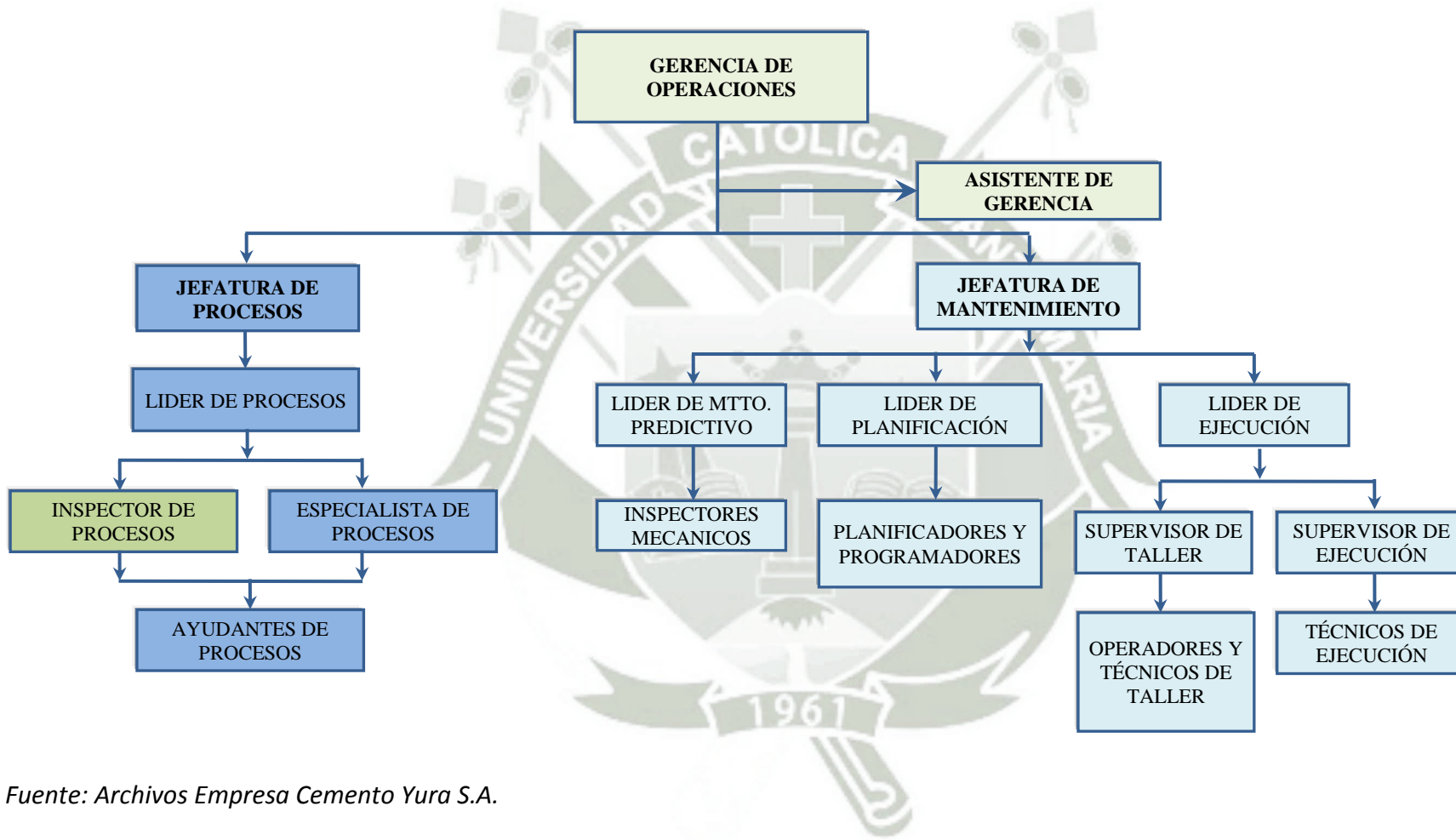
## 2.8. VALORES

- Cumplimiento de las obligaciones
- Dedicación al trabajo
- Prudencia en la administración de recursos
- Cultura de éxito
- Orientación a la persona
- Responsabilidad social



## 2.9. ORGANIGRAMA DEL AREA DE TRABAJO

Gráfico n° 1: Organigrama Gerencia de Operaciones Yura S.A.



Fuente: Archivos Empresa Cemento Yura S.A.

La Empresa Cemento Yura S. A. es propiedad del Grupo Gloria, y como tal, se rige por una jerarquía y objetivos que trascienden la esfera nacional, sin embargo, la sede de Yura tiene una organización propia.

La gerencia general administra las áreas de comercialización, proyectos, recursos humanos, logística, y la gerencia de operaciones. Ésta última es la que respecta a este informe, que a su vez, vela por la jefatura de procesos y por la jefatura de mantenimiento. El cargo del autor de este informe en la empresa se ubica en el de “Inspectores de Procesos”, cuyo objetivo principal es velar por los indicadores óptimos de producción en la molienda de cemento.

## **2.10. POLÍTICA DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO**

El Manual de Organización y Funciones de la Empresa, precisa la siguiente información: “Fabricamos y comercializamos cementos pòrtland, cementos adicionados y otros productos del sector de la construcción y la minería; cumpliendo los requisitos de calidad, atendiendo las expectativas de nuestros clientes y promoviendo que el desarrollo de nuestros procesos se realicen con seguridad y en armonía con el ambiente, comprometiéndonos a:

- Incorporar a la cultura organizacional los sistemas de gestión, cumpliendo sus requisitos y buscando la mejora continua de la empresa.
- Cumplir con la legislación vigente aplicable y otros compromisos voluntarios relacionados, que la organización suscriba.
- Prevenir, eliminar, mitigar y/o compensar los impactos ambientales significativos generados por nuestros procesos y proyectos.
- Aplicar las medidas preventivas y correctivas orientadas a evitar la ocurrencia de incidentes, accidentes y/o enfermedades ocupacionales de nuestros trabajadores.
- Ser un modelo de eficiencia en el manejo de los recursos necesarios para los diferentes procesos productivos.

- Tener un claro enfoque en la motivación, bienestar y desarrollo de nuestro recurso humano.
- Establecer como objetivo fundamental, ser una empresa socialmente responsable”.

### 2.11. PARTICIPACIÓN EN EL MERCADO

El sector construcción, y por lo tanto, el requerimiento del cemento vienen creciendo anualmente en correlación directa con el Producto Bruto Interno global y local. El crecimiento de la construcción se refleja en el desempeño de otros sectores económicos como la industria, la manufactura, los servicios, el comercio y otros.

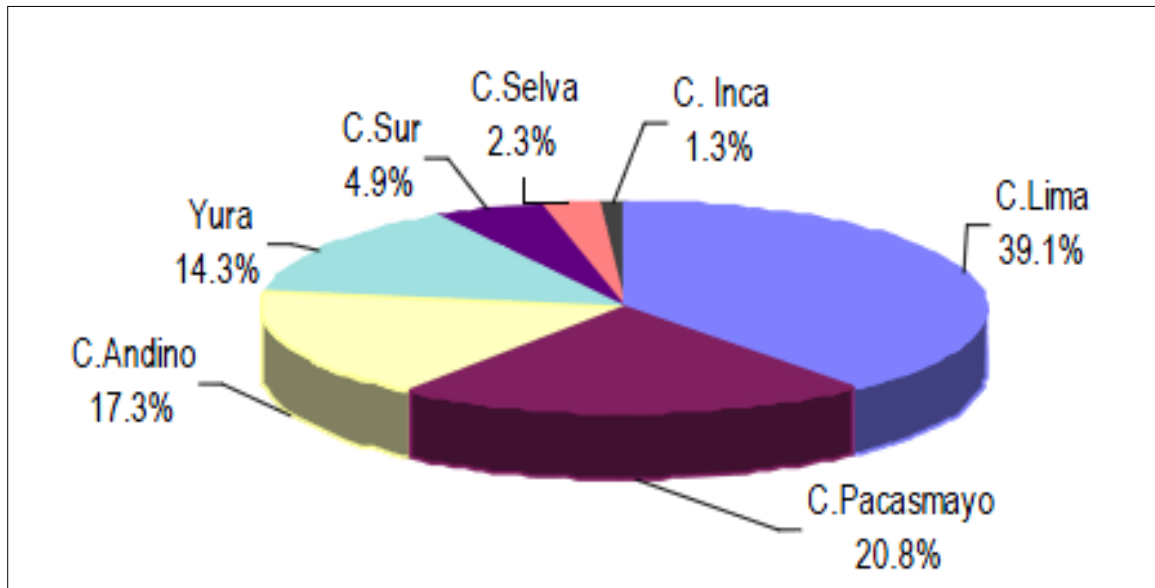
Los mayores ingresos disponibles, así como la expansión del crédito, han dado como resultado un crecimiento del consumo de la población. De igual manera, la inversión privada creció, impulsada no sólo por los proyectos mineros, sino también por los desarrollados en los sectores Manufactura, Comercio, Electricidad y Agua, y en particular por el sector Construcción.

Respecto a las empresas cementeras peruanas, estas son eficientes y competitivas, teniendo una capacidad instalada que permite satisfacer la demanda interna con producto nacional.

De acuerdo a su ubicación geográfica, la venta en el territorio nacional se encuentra dividida en tres zonas; (i) Cementos Lima, Cemento Andino (controladas directa o indirectamente por el mismo grupo económico) y empresas que han iniciado operaciones comerciales, Cemex y Caliza Cemento Inca, que abastecen la zona de la costa y sierra central; (ii) Cementos Pacasmayo y su subsidiaria, Cementos Selva, que abastecen la zona norte del país; y (iii) Yura y su subsidiaria, Cemento Sur, que abastecen la zona sur.

La participación de mercado de Yura S.A. al cierre del ejercicio 2011, alcanzó el 14.3%. Entre sus principales competidores actualmente destacan: Cementos Lima con un 39.1% de participación; Cementos Pacasmayo con 20.8% y Cemento Andino con 17.3%.

Gráfico nº 2: Participación de mercado de las empresas cementeras.

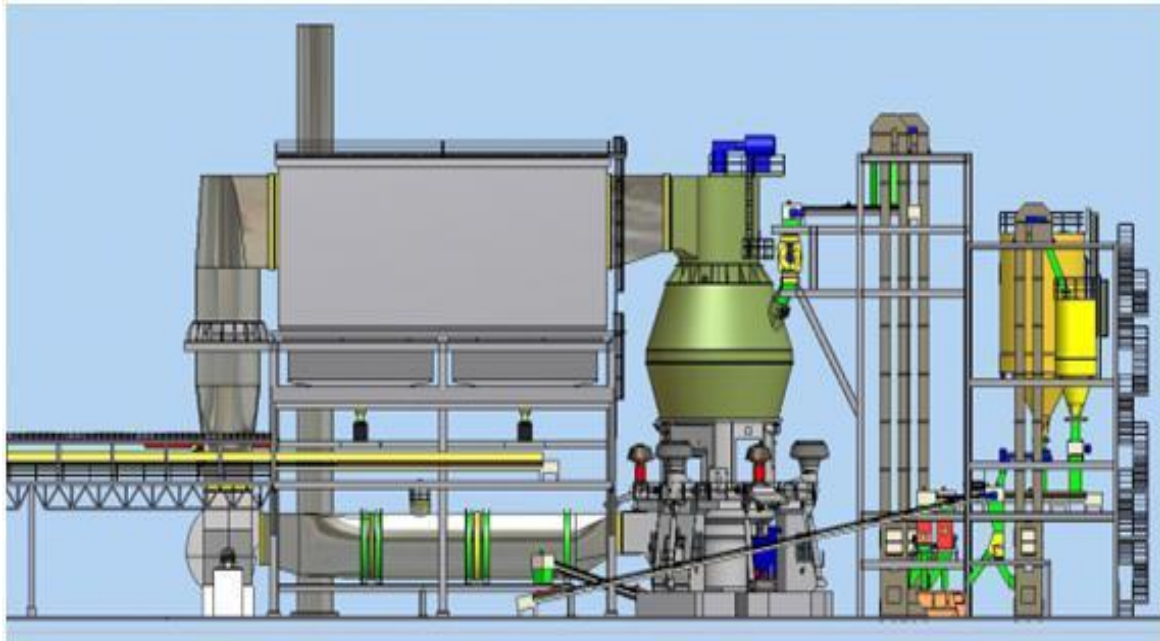


Fuente: Equilibrium Clasificadora de Riesgo S.A.

## 2.12. PROCESO PRODUCTIVO DE CEMENTO YURA S.A.

Toda empresa se constituye para obtener un superávit respecto a sus inversiones, y esto lo logra mediante los bienes o servicios que ofrece a los clientes. La Empresa 'Cemento Yura S.A.' ofrece bienes, y para alcanzar su objetivo ha implementado infraestructuras, maquinarias, insumos, sistema de transporte, sistema de marketing y de comunicación, personal capacitado, proyecto de desarrollo y proceso de producción altamente automatizado.

Imagen n° 4: Molino de cemento vertical de cuatro rodillos



Fuente: Página web de la empresa Alemana Loesche.

La producción en la Empresa 'Cemento Yura S.A.' tiene el siguiente proceso:

- Extracción de la materia prima (en la cantera).
- Triturado de caliza.
- Molienda de crudos.
- Proceso de clinkerización.
- Molienda de cemento.
- Almacenamiento en silos.
- Control de calidad.
- Empacado y sellado.
- Distribución y venta.

La extracción de la materia prima se realiza en las canteras, e implica la trituración primaria de la roca caliza para luego ser transportado a la planta. Se realiza la trituración secundaria de la piedra caliza hasta obtener una granulometría de dos pulgadas.

El siguiente proceso se realiza en el molino de crudos, añadiendo a la caliza el mineral de hierro, arcilla y piedra pizarra para obtener la harina cruda que pasará luego al proceso de clinkerización que consiste en el quemado para obtener el clinker, materia prima principal para la molienda de cemento. A este producto se le añade yeso y puzolana para luego obtener el producto final en el molino de cemento.

El cemento es almacenado en seis silos, cuya capacidad total es de 15000 toneladas. Previo al empaclado y sellado, sucede el control de calidad por parte del laboratorio de la empresa. Cabe mencionar que durante todas las etapas del proceso 'control de calidad' monitorea la calidad de los productos obtenidos en cada etapa del proceso, los cuales deben cumplir los rangos establecidos internacionalmente. La empresa distribuye y vende para el mercado local, nacional e internacional, esto lo realiza en la fábrica o en los llamados puntos de distribución.

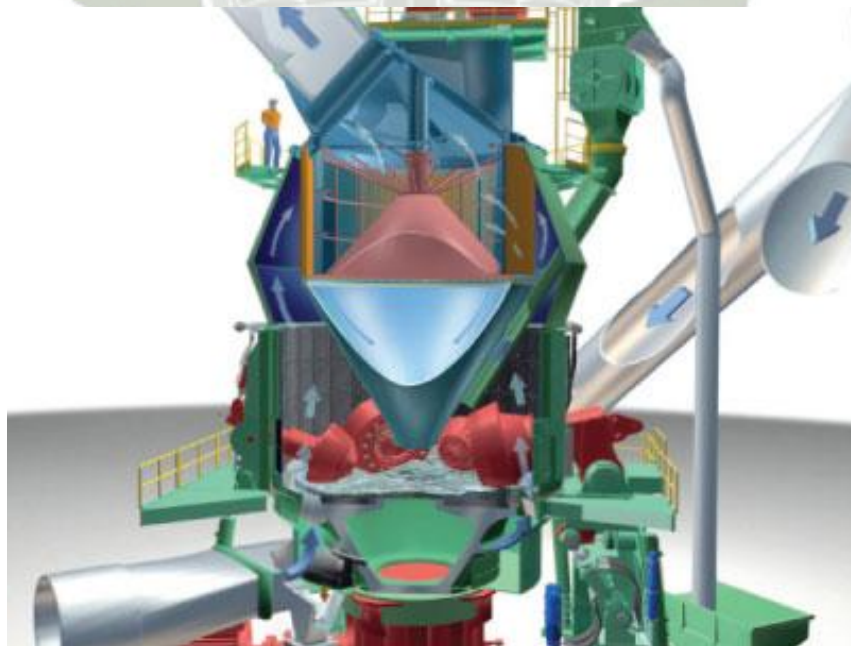
La planta posee un solo molino vertical de capacidad nominal de 180 TN/H (imagen nº 5), los demás son molinos de bolas de tecnología inferior (con menor capacidad de producción y mayor consumo de energía), por sí solos, no abastecen los requerimientos del mercado y elevan los costos. Por esta razón, el molino vertical de cemento Loesche debe tener un alto porcentaje de disponibilidad. Para lograr ese objetivo se realiza un mantenimiento preventivo programado e inspecciones predictivas y se establece turnos de inspección y control.

*Imagen n° 5: Vista del molino vertical de Yura S.A.*



*Fuente: Fotos Planta Yura S.A.*

*Imagen n° 6: Vista interna del molino de cemento de cuatro rodillos.*



*Fuente: Página web de la empresa Alemana Loesche*

## CAPITULO III:

### MARCO TEÓRICO

Los saberes previos son el punto de partida (Mejía, 2005, 19), orientan y viabilizan la investigación. El presente informe, gracias al aporte de la investigación alcanzará un rigor científico y profesional.

#### 3.1. ANTECEDENTES

María Eugenia Martínez de Ita (2009) publica una investigación titulada “El concepto de productividad en el análisis económico”. Analiza conceptos de productividad ofrecido por los economistas. Este concepto es central para el crecimiento económico de los países, la competitividad de las naciones, la tasa de inflación y los estándares de vida.

A nivel del concepto de productividad, está disponible la investigación de Business Solutions – Consulting Group titulado “Productividad”. Trata de la definición, importancia, medida, y factores internos y externos que afectan la productividad. Concluye recalcando que la productividad es, sobre todo, una actitud. Ella busca mejorar continuamente todo lo que existe. Está basada en la convicción de que uno puede hacer las cosas mejor hoy que ayer y mejor mañana que hoy. Además, ella requiere esfuerzos sin fin para adaptar actividades económicas a condiciones cambiantes aplicando nuevas teorías y métodos.

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID 2010) publicó una revista titulada “La era de la productividad. Cómo transformar las economías desde sus cimientos”. Describe de qué manera la baja productividad de América Latina y el Caribe está impidiendo que la región se ponga a la par del mundo desarrollado. Los autores indagan más allá de las explicaciones macroeconómicas tradicionales y profundizan hasta llegar al nivel del sector y de la empresa para descubrir las causas. En este libro se examina el crecimiento de la productividad, centrándose en la extrema heterogeneidad de los sectores y las empresas, y subrayando la importancia de las políticas que hacen que las empresas prosperen y se expandan.

Julián Jiménez y Carlos Paredes (2010) realizó una investigación focalizada que titulan “Factores que intervienen en el nivel de productividad de la empresa Dypers”, precisa que uno de los caminos para que un negocio pueda crecer e incrementar su rentabilidad, es aumentando su productividad. El instrumento fundamental que origina que esto suceda es la utilización de métodos, el estudio de tiempos y un sistema de pago de salarios. Hay que recordar que todo lo anterior es igualmente aplicable en industrias no manufactureras como empresas de servicios, hospitales, organismos de gobierno, siempre y cuando, hombres, materiales e instalaciones se conjuguen para lograr un mismo objetivo. La productividad puede definirse como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. En la fabricación, la productividad sirve para evaluar el rendimiento de las plantas, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados.

Leonard Mertens (1999), es autor de un artículo titulado “La medición de la productividad como referente de la formación-capacitación articulada con el aprendizaje organizacional”. Resume de alguna manera el sentir de los autores mencionados, y encuentra que en la actualidad, la mayoría de las instancias gubernamentales en América Latina vinculadas con el trabajo y la educación, así como las organizaciones empresariales y de trabajadores, reconocen y subrayan la importancia de la capacitación en la estrategia de mejoramiento de la productividad en las empresas. Al menos a nivel de propuesta, hay una conciencia creciente entre los actores sociales de la producción acerca del papel crucial que la capacitación ocupa en el desarrollo productivo de las economías. La paradoja es que a pesar del reconocimiento de la importancia de la capacitación, esto no

ha sido correspondido de igual manera con acciones concretas en las empresas. Una de las razones de este rezago es la distancia que existe entre las acciones de capacitación y la mejora de productividad. A diferencia de una inversión en equipo nuevo que viene con un rendimiento previsto técnicamente determinado, para una inversión en capacitación es muy difícil sino imposible calcular el rendimiento que resultará. Por esa dificultad muchas organizaciones invierten menos de lo que deberían en capacitación, limitándose su adecuación a un entorno caracterizado por cambios rápidos y situaciones de contingencia, lo que demanda una capacidad de aprendizaje del personal mayor que en el pasado.

### **3.2. LA PRODUCTIVIDAD**

Productividad es uno de los conceptos más relevantes en el análisis de los procesos de producción. En los últimos años se le hace referencia constante, y en algunos casos es confundido con otros términos como intensidad de trabajo, eficiencia, eficacia y producción.

#### **3.2.1. Definición histórica de productividad.**

En 1776, Adam Smith en su obra 'La riqueza de las naciones' afirma que el producto anual de la tierra y del trabajo de la nación solo puede aumentar de dos maneras: o con un adelanto en las facultades productivas del trabajo, o por algún aumento en la cantidad de ese trabajo. El adelanto de las facultades productivas depende, ante todo, de los progresos de las habilidades del operario, y en segundo término de los progresos de la maquinaria con que trabaja...".

En 1867, Carlos Marx, en su obra 'El Capital' (capítulo XV), afirma que la fuerza productiva del trabajo está determinada por múltiples circunstancias, entre otras, por el nivel de destreza del obrero, la fase de desarrollo en que se hallan la ciencia y sus aplicaciones tecnológicas, la coordinación social del proceso de producción, la escala y la eficacia de los medios de producción, las condiciones naturales".

Early, en 1900, define a la productividad como la Relación entre producción y los medios empleados para lograrla. En 1940, Timbergen, lo define como la Relación entre el

producto real y la utilización real de factores o insumos. En 1965, Klein lo define como la relación que existe entre la producción lograda y los recursos gastados con ese fin; la comparación del volumen de la producción expresado en términos físicos con el gasto específico de los factores empleados.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Recursos}}$$

De acuerdo con el enfoque japonés (Ronald Leandro Elizondo, 2007: 2), la productividad tiene dos componentes: el práctico y el mental. El práctico se refiere a la relación entre los productos finales o servicios (salidas) y todos los recursos requeridos para producirlos (entradas) en armonía con el ambiente; entre ellos están la mano de obra, la maquinaria, los materiales, el capital y la energía, principalmente. La productividad puede ser dividida en sus componentes para poder medirlos parcialmente y establecer cuán eficiente y eficaz ha sido la administración de las entradas (capital, energía, maquinaria, materia prima, mano de obra) con respecto a las salidas (productos, servicios, información, soluciones).

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Salidas}}{\text{Entradas}}$$

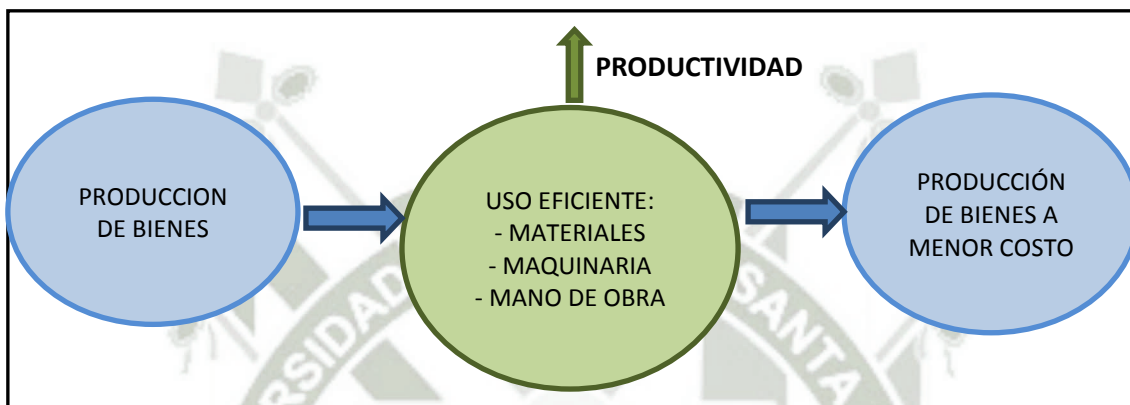
Por su parte, el mental se refiere a un cambio de actitud, basado en la premisa de que el trabajador es la fuente más importante de ideas para la reducción de costos y no solamente un elemento que aporta fuerza física. Para hacer esto posible y guiar a la empresa hacia el mejoramiento continuo (Kaizen), es primordial obtener un compromiso que permita la participación de todos los niveles organizativos de la compañía mediante el trabajo en equipo. La productividad es, sobre todo, una actitud de la mente, ella busca mejorar continuamente todo lo que existe, está basada en la convicción de que uno puede hacer las cosas mejor hoy que ayer y mejor mañana que hoy.

La Fundación de Investigaciones Económicas Latinoamericanas (2002: 27) considera este concepto como central para la economía, y lo define como la cantidad máxima de

producto que puede lograrse mediante la combinación de los factores de la producción (capital y trabajo) y los recursos naturales.

El siguiente gráfico sintetiza las ideas que se expresaron. La productividad implica la producción de bienes haciendo uso eficiente de materiales, maquinaria y el recurso humano.

Gráfico n° 3: Diagrama de la productividad.



Fuente: Elaboración propia

El desafío de la productividad no puede esperar, millones de personas padecen limitaciones que podrían resolverse si se emplearan mejor los recursos que existen en la región.

### 3.2.2. Elementos claves de la productividad

Las empresas gozarán de los beneficios de la productividad en diversas formas, de acuerdo con sus situaciones particulares. Es útil analizar elementos claves que influyen en ésta: invenciones, innovación, inversiones, integraciones e información.

- Las invenciones se refiere a creaciones de tecnología básica, como la rueda, la electricidad, el motor, la computadora y muchos materiales. Las invenciones a menudo permiten realizar mucho mejor una tarea dada y pueden tener gran impacto en la productividad.
- Las innovaciones aplican la tecnología para crear nuevos productos o servicios. Son mucho más frecuentes que las invenciones. Autos, refrigeradores, cámaras, entre

otros, son ejemplos de innovación. La innovación suele reflejar la suma de la acción individual de las personas cuando desarrollan y mejoran las ideas de otros. Cuando se adquieren tierras, instalaciones, herramientas, tecnología y mano de obra se realiza una inversión. Los recursos se necesitan para producir. Este elemento en particular sugiere que invertir en forma correcta es vital para mejorar la productividad. Invertir en recursos que no influyen en la productividad es un desperdicio y debería evitarse.

- Las integraciones hacen referencia al uso eficiente de recursos por medio de procesos, métodos de trabajo, distribuciones, etc. Ninguna empresa puede producir si dispone de un solo recurso. Aún en el caso extremo de que solo se utilicen materias primas para la fabricación de un producto, es probable que coexistan la mano de obra, el equipamiento y los sistemas. La integración eficaz de estos recursos puede tener gran impacto en la productividad.

### 3.2.3. Factores que influyen en la productividad.

En Julián Jiménez y Carlos Paredes (2010: 21ss.) se precisa que las tasas de inflación, el nivel de vida y de empleo, el poder político, el poder económico afectan la productividad, pero mejor correlación causal se da a la inversa, es decir, de la productividad hacia los otros factores.

Según el Departamento de Comercio de los Estados Unidos, sobresalen algunos factores que contribuyen al crecimiento de la productividad (Banco Interamericano de Desarrollo, 2010: 7-19):

- *Inversión en los trabajadores, las plantas y el Equipo*, esto da como resultado el aumento en la productividad y la captación de un porcentaje mayor de mercado, baja tasa de introducción de productos y alta capacidad de utilización (Butcher W., 1979:12).
- *Investigación y desarrollo* enfocado al desarrollo de productos y a la resolución de problemas del ambiente.
- *Utilización de la capacidad plena de las plantas y del recurso humano* con que se cuenta.

- *Reglamentación industrial* que proporcione equilibrio en el progreso industrial y las metas sociales deseadas: cuidado del medio ambiente, limpieza y seguridad.
- *Vida útil de la planta y el equipo*. Cuanto mayor sea el tiempo útil de las máquinas, menor será su modernización, esto afecta la productividad.
- *Mezcla en la fuerza de trabajo*. Necesidad de capacitación a todo nivel.
- *Ética del trabajo*. Las horas reales de trabajo deben ir al mismo nivel que las horas retribuidas. Esto afecta directamente la productividad.
- *Administración ineficiente* que a veces genera pérdidas de horas de trabajo por falta de comunicación efectiva o por una mala planeación.
- *Modelo de beneficio de la productividad*. El mejoramiento de la productividad total de un producto o servicio, da por resultado la disminución del costo por unidad, por tanto, la consecuencia del mejoramiento de la productividad total, resulta favorable.
- *Costos de energía* debido a que algunos países carecen de fuentes de energía o son dependientes una misma forma. El ámbito industrial requiere disponer de grandes dimensiones y a costo favorable.
- *La influencia sindical*. La organización de las personas es legítima, pero muchas veces se presta a paralizaciones y reclamos indebidos que perjudican la atención a las demandas del mercado.

Sar Levitan y D. Werneke (1984) dicen que los factores que afectan la productividad son la tecnología, la educación y la calificación de la fuerza de trabajo, los cambios en la utilización de la planta y el equipo, y la organización; Martín Baily (en María Eugenia Martínez de Ita, 2009) en cambio, recalca el trabajo, el capital, la energía y los materiales, la medición del producto, la composición del producto, las características gerenciales, la regulación ambiental, la política de demanda y la tecnología. De aquí se puede resaltar, de manera concisa, que la productividad depende en gran medida de la inversión desplegada en la cualificación del recurso humano y la mejora en los métodos y técnicas, la tecnología implementada, y el entorno político.

El mejoramiento de la productividad se promociona a sí misma: A largo plazo, un incremento en productividad siempre crea, eventualmente, mayor empleo. La gerencia y los empleados deben trabajar uno al lado del otro para resolver problemas y mejorar la productividad. Para aumentar la productividad, se puede concluir lo siguiente:

- Misma entrada, salida más grande
- Entrada más pequeña misma salida
- Incrementar salida disminuir entrada
- Incrementar salida en mayor proporción que la entrada
- Disminuir la salida en forma menor que la entrada.

#### **3.2.4. Importancia de la formación-capacitación.**

La educación es una inversión de las empresas, es la forma más importante de inversión en el capital humano. La inversión en el capital humano compite con los recursos escasos y sus beneficios deben ser evaluados y comparados con las contribuciones de las demás formas de inversión. Esta inversión contribuye al crecimiento económico futuro mediante la provisión de trabajadores con habilidades y conocimientos que les permitan mejorar a la vez la capacidad productiva de la empresa y sus propios ingresos (Fundación de Investigaciones Económicas Latinoamericanas, 2002: 105).

Actualmente, en América Latina las instancias gubernamentales, las organizaciones empresariales y de trabajadores reconocen y subrayan la importancia de la capacitación en la estrategia de mejoramiento de la productividad en las empresas, pero se observa una gran incoherencia en el ámbito de los hechos. Se invierte menos en capacitación, limitándose a la adecuación del entorno, esto demanda una capacidad de aprendizaje del personal mayor que en el pasado.

En el caso latinoamericano, se halló que hay simultaneidad de iniciativas, es decir, innovándose los sistemas de formación y capacitación, crece también la remuneración, participación y ergonomía. Difícilmente podrá darse innovación en relaciones laborales,

remuneración, participación y ergonomía si no se da una formación-capacitación adecuada.

El objetivo de la capacitación es disponer al personal intelectual prácticamente en condiciones de enfrentar nuevas situaciones profesionales, o bien, encarar mejor las situaciones difíciles de la producción y favorecer una actitud de responsabilidad frente al trabajo (Zarifian, 1996). Es conveniente que esta labor lo lleve a cabo alguien que esté en la gestión de la producción, de preferencia, el supervisor.

### **3.2.5. Medición de la productividad industrial.**

Generalmente se realiza a nivel nacional. Arroja indicadores económicos útiles para establecer el desempeño del país, permite detectar los cambios en la utilización de la fuerza de trabajo, proyecciones y tendencias, permite comparar el desempeño de las empresas individuales, y ofrece un pronóstico de los patrones de crecimiento del sector (Julián Jiménez & Carlos Paredes, 2010: 34-35).

También es posible la medición de la productividad de la organización en particular. Según Julián Jiménez y Carlos Paredes, esto trae ventajas como:

- Mayor productividad de los recursos humanos y físicos de la empresa, que se traduce en ingresos más altos para los empleados.
- El consumidor final obtiene mayores beneficios debido al incremento en el ingreso público.
- El consumidor puede pagar precios relativamente bajos, ya que el costo de manufactura se reduce a través de una mayor productividad.
- La empresa sabe a qué nivel de productividad está operando, y cuál es el reto que le plantea el mercado.
- Puede evaluar la eficiencia de la conversión de sus recursos de manera que se produzcan más bienes o servicios con una cierta cantidad de recursos consumidos.

- Ofrece la capacidad de simplificar la planeación de recursos a través de la medición de la productividad tanto a corto como largo plazo.
- Los objetivos económicos de la organización pueden reagruparse por prioridades a la luz de los resultados de la medición de la productividad.
- Se pueden modificar en forma realista las metas de los niveles de productividad planeadas para el futuro, con base en los niveles actuales medidos.
- Es posible determinar estrategias para mejorar la productividad según la diferencia que exista entre el nivel planeado y el nivel medido de la productividad en un determinado momento.
- La medición de la productividad puede ayudar a la comparación de los niveles de productividad entre las empresas de una categoría específica, ya sea a nivel sector o nacional.
- La medición crea una acción competitiva.

### **3.2.6. Instrumentos de análisis de la productividad.**

En el presente informe se recurrirá al Diagrama Causa-Efecto o Diagrama de Ishikawa para determinar las causas de la baja productividad, al Diagrama de Pareto para determinar las causas más constantes, y al histograma de frecuencias.

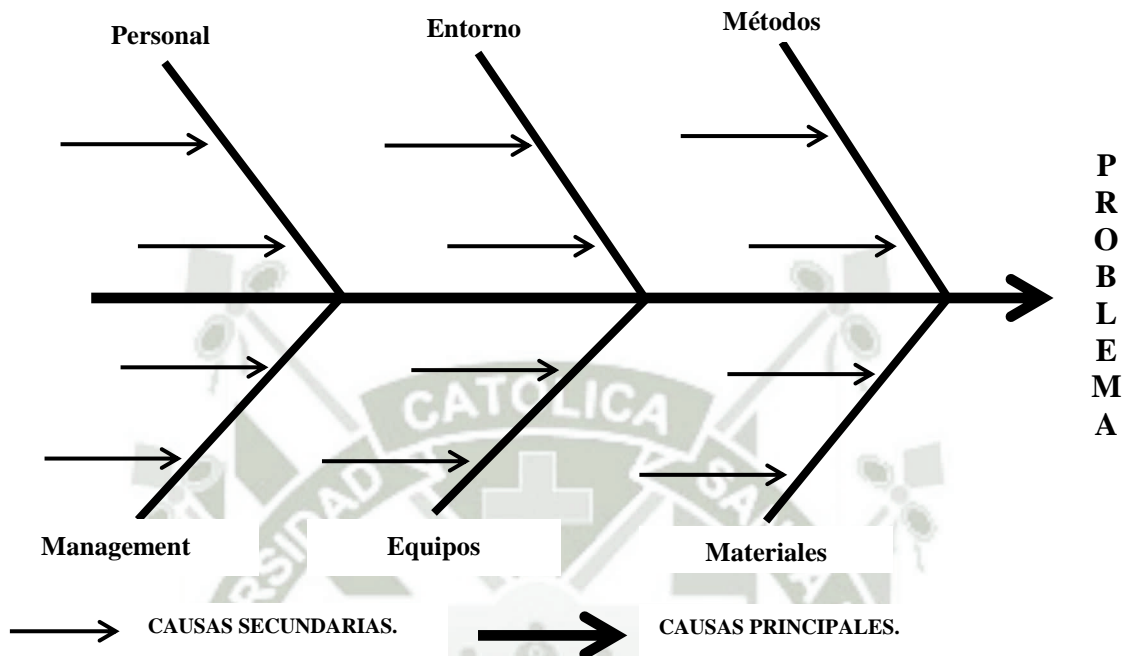
#### ***a. El diagrama causa-efecto o espina de pescado.***

Un diagrama de Causa y Efecto es la representación de varios elementos de un sistema (causas) que pueden contribuir a un problema (efecto). Fue desarrollado en 1943 por el Profesor Kaoru Ishikawa en Tokio. También es conocido como Diagrama Ishikawa o Espina de Pescado por su parecido con el espinazo de un pez, tal como se presenta en el gráfico número 4. Es una herramienta efectiva para estudiar procesos y situaciones, y para desarrollar un plan de recolección de datos.

Los Diagramas de causa-efecto ilustran la relación entre las características (los resultados de un proceso) y aquellas causas que, por razones técnicas, se considere que ejercen un

efecto sobre el proceso. Casi siempre por cada efecto (o problema) hay muchas causas que contribuyen a producirlo.

Gráfico N° 4: Diagrama causa-efecto.



Fuente: Elaboración propia.

Las causas por lo general se dividen en las causas principales de métodos de trabajo, materiales, mediciones, personal y entorno. A veces la administración y el mantenimiento forman parte también de las causas principales. A su vez, cada causa principal se subdivide en causas menores. Por ejemplo, bajo el rubro de métodos de trabajo podrían incorporarse la capacitación, el conocimiento, la habilidad, las características físicas, etc.

Este tipo de herramienta se aplica al ámbito empresarial y de producción, a las relaciones sociales, a la interacción hombre-naturaleza y a objetivos como el control de calidad, permite un análisis participativo mediante grupos de mejora o grupos de análisis, que mediante técnicas como por ejemplo la lluvia de ideas, sesiones de creatividad, y otras, facilita un resultado óptimo en el entendimiento de las causas que originan un problema, con lo que puede ser posible la solución del mismo. Se usa para:

- Visualizar, en equipo, las causas principales y secundarias de un problema.

- Ampliar la visión de las posibles causas de un problema, enriqueciendo su análisis y la identificación de soluciones.
- Agrupar las causas en diferentes categorías o factores.
- Analizar procesos en búsqueda de mejoras.
- Conduce a modificar procedimientos, métodos, costumbres, actitudes o hábitos, con soluciones - muchas veces - sencillas y baratas.
- Sirve de guía objetiva para la discusión y la motiva.
- Muestra el nivel de conocimientos técnicos que existe en la empresa sobre un determinado problema.
- Prevé los problemas y ayuda a controlarlos, no sólo al final, sino durante cada etapa del proceso.

Es una herramienta que fomenta el pensamiento creativo de los componentes de una organización y el trabajo en equipo, aplicando estos principios al análisis de problemas en la organización (Universidad de Vigo, s/f). Este instrumento se aplicará en los análisis de causa efecto de este informe.

#### ***b. Diagrama de Pareto.***

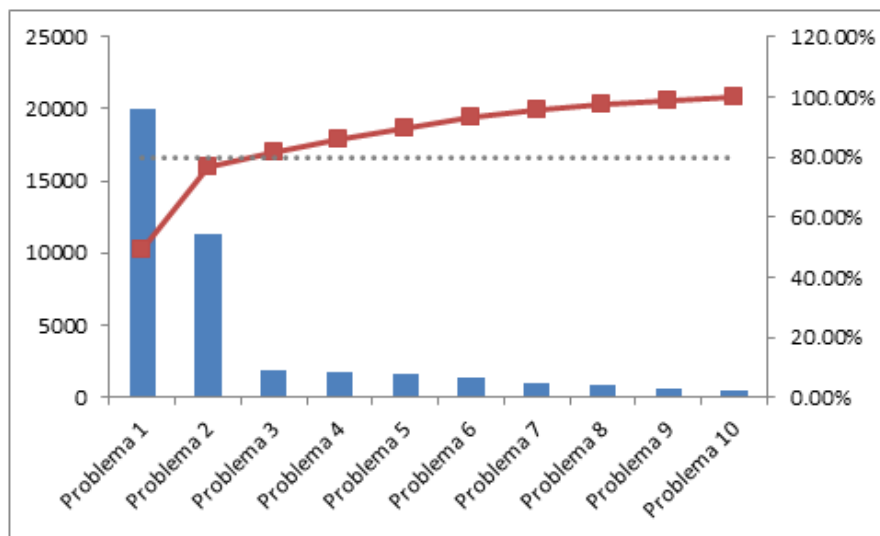
El diagrama de Pareto está basado en la “ley 80-20” o de “los pocos vitales y muchos triviales”, enunciada por el economista italiano Vilfredo Pareto a principios de siglo XX. Pareto se dio cuenta de que la mayor parte de la riqueza de Italia se concentraba en manos de una pequeña parte de la población, quedando el resto distribuido entre la mayoría.

Aplicando este mismo principio, cuando dividimos las causas que explican un problema en la organización, si somos capaces de cuantificar su efecto (p.ej. en producción), nos daremos cuenta generalmente de que sólo con unos pocos factores explica la mayor parte del efecto. Esto nos permite focalizar los esfuerzos en esas causas principales. En

esto consiste la “Ley 80-20”: en un 20% de los factores o causas se concentra el 80% del efecto. Por supuesto, son números redondos, simbólicos.

El Principio de Pareto afirma que en todo grupo de elementos o factores que contribuyen a un mismo efecto, unos pocos son responsables de la mayor parte de dicho efecto.

Gráfico nº 5: Diagrama de Pareto.



Fuente: [www.google.com.pe](http://www.google.com.pe)

El diagrama de Pareto se revela especialmente útil cuando se trata de:

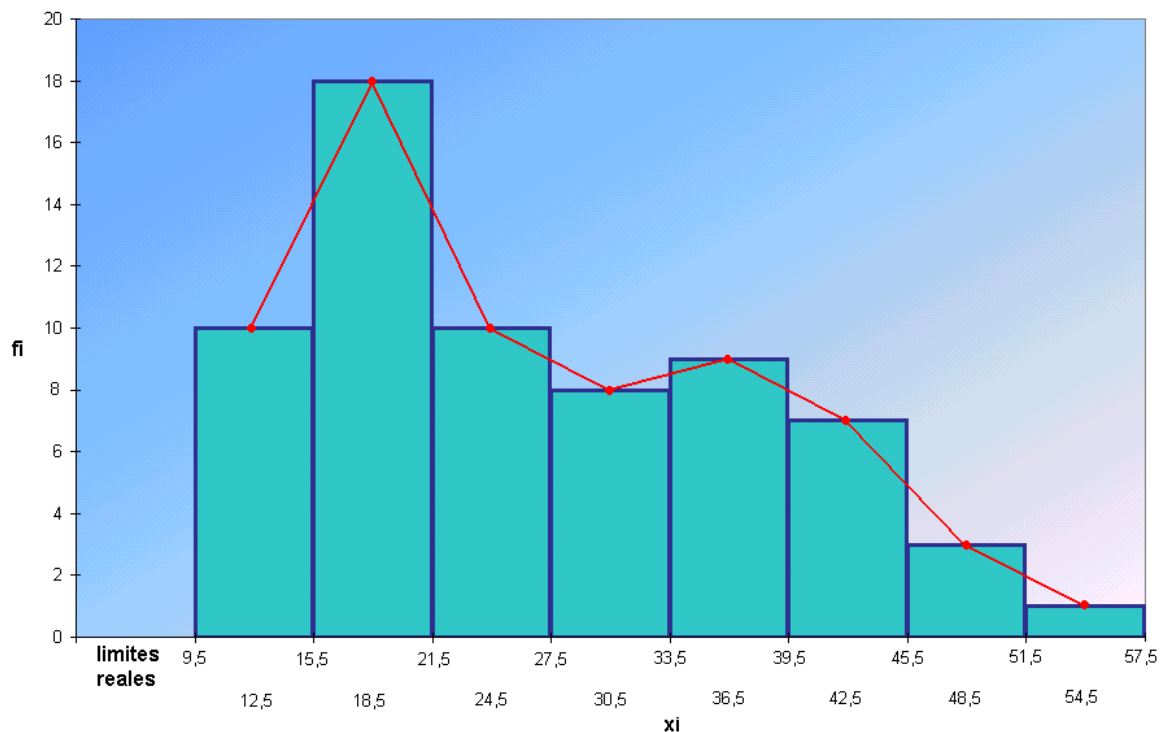
- Mostrar la importancia relativa de las diversas causas identificadas para un determinado efecto o problema, en los casos en que éste sea el resultado de la contribución de varias causas o factores.
- Determinar los factores clave (o los más importantes) que incluyen en un determinado efecto o problema.
- Decidir sobre qué aspectos (los “pocos vitales”) trabajar de manera inmediata.

En esta investigación, este diagrama será útil para discriminar las causas relevantes que afectan la producción.

**c. Histograma de frecuencias.**

El histograma es un tipo especial de gráfico de barras que se puede utilizar para comunicar. Comúnmente las estadísticas por sí mismas no proporcionan una imagen completa e informativa del desempeño de un proceso, el histograma, siendo un gráfico de barras especial, se utiliza para mostrar las variaciones cuando se proporcionan datos continuos como tiempo, peso, tamaño, temperatura, frecuencia, etc. Como se presenta en el gráfico nº 6.

Gráfico nº 6: Diagrama de frecuencias.



Fuente: [www.google.com.pe](http://www.google.com.pe)

El histograma permite reconocer y analizar patrones de comportamiento en la información que no son aparentes a primera vista al calcular un porcentaje o la media. Se utiliza en las empresas para graficar el avance de los niveles de la productividad, en comercio para expresar la rentabilidad, en el comportamiento humano para ver el rendimiento.

Para el análisis de la productividad empresarial se puede recurrir a muchos estadísticos más, pero para esta estudio se cree conveniente usar el diagrama causa-efecto, el diagrama de Pareto y el histograma de frecuencias.

#### ***d. Correlación de Pearson.***

En estadística, el coeficiente de correlación de Pearson es un índice que mide la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas. A diferencia de la covarianza, la correlación de Pearson es independiente de la escala de medida de las variables. De manera menos formal, podemos definir el coeficiente de correlación de Pearson como un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables siempre y cuando ambas sean cuantitativas.

La correlación entre dos variables refleja el grado en que las puntuaciones están asociadas.

### **3.3. TECNOLOGÍA INDUSTRIAL**

La Tecnología puede definirse como el medio para transformar ideas en procesos o servicios, que permita además mejorar o desarrollar procesos. Sin embargo, y aunque su raíz etimológica la reduce a la ciencia de las artes industriales, no consiste únicamente en métodos, maquinas, procedimientos, instrumental, métodos de programación, materiales y equipos que pueden comprarse e intercambiarse, sino que es también un estado de espíritu, la expresión de un talento creador y la capacidad de sistematizar los conocimientos para su aprovechamiento por el conjunto de la sociedad.

La tecnología abarca también el conjunto de saberes que comprende aquellos conocimientos prácticos o técnicos, de tipo mecánico o industrial, que posibilitan al hombre modificar las condiciones naturales para hacer su vida más útil y placentera.

El uso de tecnología no es nuevo para el hombre, que incorporó estas herramientas a su vida casi simultáneamente a su aparición en la tierra. Sin embargo las tecnologías surgidas en la revolución industrial, significaron un antes y un después en el trabajo humano, del artesanal al fabril donde las maquinas iniciaron la producción en serie.

La tecnología ayuda a tener mejor producción, en algunos casos puede abaratar los costos, pero también trae como consecuencias: contaminación, despido masivos de obreros, costo social alto. Los administradores deberán conocer bien el tipo de producto que se va a obtener, el proceso, los insumos, entre otros, para determinar que tecnología se va a utilizar.

### 3.3.1. Tipos de tecnología.

Thompson (2009) clasifica la tecnología en dos tipos básicos:

- Tecnología flexible. Se refiere a la amplitud con que las máquinas, el conocimiento técnico y las materias primas pueden ser utilizadas en otros productos o servicios. Dicha de otra manera es aquella que tiene varias y diferentes formalidades por ejemplo: la industria alimenticia, la automotriz, los medicamentos, etc.
- Tecnología fija: es aquella que no puede utilizarse en otros productos o servicios. También puede decirse que es aquella que no está cambiando continuamente por ejemplo: Las refinerías de petróleo, la siderúrgica, cemento y petroquímica.

Además de las clasificaciones de Thompson, existen otras, las cuales se mencionan a continuación:

- Tecnología Blanda ("soft technology"). Se refiere a los conocimientos de tipo organizacional, administrativo y de comercialización excluyendo los aspectos técnicos.
- Tecnología de Equipo. Es aquella cuyo desarrollo lo hace el fabricante de equipo y/o el proveedor de materia prima; la tecnología está implícita en el equipo mismo, y generalmente se refiere a industrias de conversión como plástico, textiles y hules.
- Tecnología de Operación. Es la que resulta de largos períodos de evolución; los conocimientos son productos de observación y experimentación de años en procesos productivos. En este tipo de tecnología es frecuente la incidencia de tecnologías de equipo y de proceso, por lo que a veces se le considera como una mezcla de condicionantes tecnológicas.

- Tecnología Dura. Es la parte de conocimientos que se refiere a aspectos puramente técnicos de equipos, construcciones, procesos y materiales.
- Tecnología Limpia. Término para designar las tecnologías que no contaminan y que utilizan los recursos naturales renovables y no renovables en forma racional.

Estos tipos básicos de tecnología se dan en las empresas según sea el producto o servicio que se desea prestar. Por otro lado, conviene aclarar que una organización comprometida con una sola tecnología específica puede perder la oportunidad de producir determinado producto para otras organizaciones con tecnología más flexible, ya que la flexibilidad de la organización para cambiar de un producto a otro con relativa rapidez tiende a decrecer a medida que una tecnología se vuelve más especializada.

### **3.3.2. La innovación.**

*La innovación* en el ámbito tecnológico es un indicador a considerar, ya que el perfeccionamiento de los productos y servicios y la satisfacción se da gracias a la innovación tecnológica. El proceso de Innovación tecnológica posibilita combinar las capacidades técnicas, financieras, comerciales y administrativas para lanzar al mercado nuevos y mejorados productos y procesos.

La Tecnología desempeña un papel crítico en la competitividad de la empresa y es uno de los factores intangibles que plantea más dificultad en su gestión. El nuevo escenario se identifica con la aceleración del cambio tecnológico y el acortamiento del ciclo de vida de los productos, de ahí la importancia estratégica de realizar una eficaz gestión de la tecnología en la empresa.

En el entorno actual, la empresa está obligada a desarrollar recursos humanos, sistemas de información y capacidades tecnológicas acordes con los nuevos desafíos. De ahí la importancia que tiene el proceso de innovación. Pues esto implica la renovación y ampliación de procesos, productos y servicios, cambios en la organización y la gestión, y cambios en las calificaciones del capital humano. Por tanto no debe entenderse como un concepto puramente técnico, sino que tiene raíces de carácter económico – social, y su análisis necesita de comprensión y de sus dos características esenciales:

- La innovación tiene como objetivo explotar las oportunidades que ofrecen los cambios, lo que obliga, que sea fundamental en la generación de una cultura innovadora que permita a la empresa ser capaz de adaptarse a las nuevas situaciones y exigencias del mercado en que compete.
- El carácter innovador tiene su base en la complejidad del proceso de investigación tecnológica y en las alteraciones de la naturaleza imprevisible que mueven el mercado y la propia competencia.

La actitud innovadora es una forma de actuación capaz de desarrollar valores y actitudes que impulsen ideas y cambios que impliquen mejoras en la eficiencia de la empresa, aunque suponga una ruptura con lo tradicional.

El presente informe se circunscribe como una tecnología fija porque se limita a un producto fijo que es el cemento, es una tecnología dura porque se refiere a aspectos puramente físicos del molino vertical Loesche.

### **3.4. MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.**

Actualmente, el mundo está abrumado de tecnología, con ello, la amplitud y complejidad del conocimiento para ponerlo a funcionar. Por otro lado, está la urgencia de producir, porque la demanda del mercado no se detiene. Hoy más que nunca se hace evidente el desarrollo del mantenimiento en el ámbito industrial, y con ello, la necesidad de una adecuada capacitación periódica. El mantenimiento industrial, ofrece un bien real: capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad (María Cristina Rojas, 2012).

#### **3.4.1. Desarrollo del concepto 'mantenimiento industrial' en el tiempo.**

Mantenimiento, es el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento.

El mantenimiento industrial engloba las técnicas y sistemas que permiten prever las averías, efectuar revisiones, engrases y reparaciones eficaces, dando a la vez normas de

buen funcionamiento a los operadores de las máquinas, a sus usuarios, y contribuyendo a los beneficios de la empresa. Es un órgano de estudio que busca lo más conveniente para las máquinas, tratando de alargar su vida útil de forma rentable para el usuario (Lorenzo Sanzol, 2010: 8).

A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función mantenimiento ha pasado diferentes etapas. En los inicios de la revolución industrial eran los propios operarios quienes se encargaban de las reparaciones de los equipos. Conforme las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos.

A partir de la Primera Guerra Mundial y, sobre todo, de la Segunda, aparece el concepto de fiabilidad, y los departamentos de mantenimiento buscan no sólo solucionar las fallas que se producen en los equipos sino además prevenirlas, actuar para que no se produzcan. Esto supone crear una nueva figura en los departamentos de mantenimiento, personal cuya función es estudiar qué tareas de mantenimiento deben realizarse para evitar las fallas. El personal indirecto, que no está involucrado directamente en la realización de las tareas, aumenta, y con él los costes de mantenimiento. Pero se busca aumentar y asegurar la producción, evitar las pérdidas por averías y sus costes asociados. De este modo aparecen casi sucesivamente diversos métodos de mantenimiento, cada uno aplicado a las necesidades concretas de cada proceso industrial: el Mantenimiento Preventivo (revisiones y limpiezas periódicas y sistemáticas), el Mantenimiento Predictivo (análisis del estado de los equipos mediante el análisis de variables físicas), el Mantenimiento Proactivo (implicación del personal en labores de mantenimiento), la Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador (GMAO), y el Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM). El RCM como estilo de gestión de mantenimiento, se basa en el estudio de los equipos, en análisis de los modos de fallo y en la aplicación de técnicas estadísticas y tecnología de detección. Podríamos decir que el RCM es una filosofía de mantenimiento básicamente tecnológica.

Paralelamente, sobre todo a partir de los años 80, comienza a introducirse la idea de que puede ser rentable volver de nuevo al modelo inicial: que los operarios de producción se ocupen del mantenimiento de los equipos. Se desarrolla el TPM, o Mantenimiento Productivo Total, en el que algunas de las tareas normalmente realizadas por el personal de mantenimiento son ahora realizadas por operarios de producción. Esas tareas 'transferidas' son trabajos de limpieza, lubricación, ajustes, reaprietes de tornillos y pequeñas reparaciones. Se pretende conseguir con ello que el operario de producción se implique más en el cuidado de la máquina, siendo el objetivo último de TPM conseguir "Cero Averías". Como filosofía de mantenimiento, el TPM se basa en la formación, motivación e implicación del equipo humano (desde el personal de producción y de mantenimiento hasta los altos mandos), en lugar de la tecnología.

TPM (mantenimiento por operarios) y RCM (mantenimiento tecnológico) no son formas opuestas de dirigir el mantenimiento, sino que ambas conviven en la actualidad en muchas empresas. En algunas de ellas, RCM impulsa el mantenimiento, y con esta técnica se determinan las tareas a efectuar en los equipos; después, algunas de las tareas son transferidas a producción, en el marco de una política de implantación de TPM. En otras plantas, en cambio, es la filosofía TPM la que se impone, siendo RCM una herramienta más para la determinación de tareas y frecuencias en determinados equipos.

Como se puede comprobar, las diferentes técnicas de mantenimiento han ido evolucionando a lo largo del último siglo en función de las carencias que se observaban en cada uno de los modelos de mantenimiento al aplicarlos a la situación industrial real, de manera que unas engloban a otras, algunas interactúan entre ellas, y todas se han ido adaptando a los nuevos usos de la industria.

En la actualidad son las necesidades concretas de cada equipo y de cada industria las que marcan el modelo de mantenimiento que optimiza sus recursos y sus necesidades. Por lo general, el método que se impone mayoritariamente es el Mantenimiento Productivo Total o TPM, que incluye las tareas de Mantenimiento Preventivo y Predictivo, integrado siempre en un modelo de Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador (GMAO), y apoyado según necesidades por el modelo de Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM).

### 3.4.2. Tipos de mantenimiento.

Tradicionalmente, se han distinguido cinco tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen (Lorenzo Sanzol, 2010: 10ss):

- **Mantenimiento Correctivo:** Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.
- **Mantenimiento Preventivo:** Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.
- **Mantenimiento Predictivo:** Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, refrigeración etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos.
- **Mantenimiento Cero Horas (Overhaul):** Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a “cero horas” de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad, un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

- **Mantenimiento en Uso:** es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos, etc.) para las que no es necesario una gran formación, sino tan solo un entrenamiento breve. **Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Mantenimiento Productivo Total).** Las inspecciones visuales prácticamente no cuestan dinero (estas inspecciones están incluidas en unas gamas en las que se tiene que observar otros equipos cercanos, por lo que no significa que se tenga que destinar recursos expresamente para esa función). Esta inspección permite detectar averías de manera precoz, y su resolución generalmente será más barata cuanto más antes se detecte el problema. La lubricación siempre es rentable. Aunque sí representa un coste (lubricante y mano de obra), en general es tan bajo que está sobradamente justificado, ya que una avería por una falta de lubricación implicará siempre un gasto mayor que la aplicación del lubricante correspondiente.

Ante estas formas de mantenimiento nos preguntamos: ¿Cuál es el mantenimiento que se debe aplicar a cada uno de los equipos que componen una planta concreta?

### 3.4.3. Herramientas para la administración del mantenimiento.

Se debe proceder a tres niveles: el análisis de problemas, el inventario jerarquizado, y la relación del mantenimiento con la fiabilidad del equipo.

- **Análisis de problemas:** Una herramienta es el análisis de problemas. Su objetivo es minimizar las fallas y las quejas de los clientes. Esta herramienta puede combinarse con otros métodos para obtener un análisis más profundo y exacto de la situación. Algunas herramientas complementarias son: Juntas de lluvia de ideas, diagramas de causa y efecto y el diagrama de Pareto.
- **Inventario jerarquizado:** En una industria es importante saber cuáles son los paros de los recursos que nos afectan más, es decir, se debe tener una clasificación de los recursos que son vitales, importantes y triviales. Con los diagramas de Pareto se pueden determinar y jerarquizar la importancia de cada una de las fallas.

- **Mantenibilidad y Fiabilidad del equipo:** La Mantenibilidad es ‘la rapidez con la cual las fallas, o el funcionamiento defectuoso en los equipos son diagnosticados y corregidos, o el mantenimiento programado es ejecutado con éxito’. Para lograr esto se deben tener procedimientos para el cambio de sus partes, las herramientas necesarias, y el equipo debe estar colocado de manera que sea accesible para que el técnico pueda hacer su trabajo.

Dounce (2000) define a la fiabilidad como ‘la probabilidad de que un equipo no falle, es decir, funcione satisfactoriamente dentro de los límites de desempeño establecidos, en una determinada etapa de su vida útil y para un tiempo de operación estipulado, teniendo como condición que el equipo se utilice para el fin y con la carga para la que fue diseñado’. Sirve para saber el grado de confiabilidad que tiene un equipo antes de fallar.

### 3.5. CONCEPTOS BÁSICOS

#### 3.5.1. Productividad.

Diversos autores, en Bussines Solutions (2011), definen este término como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados; la diferencia que queda entre las salidas y entradas; la relación entre los resultados y el tiempo que lleva conseguirlos; la relación entre la cantidad y calidad de bienes o servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados para producirlos.

La productividad desde las máquinas y equipos está dada como parte de sus características técnicas; a nivel del recurso humano es sinónimo de rendimiento, pero además, debe considerarse muchos factores internos y externos.

Es un error confundir la productividad con la eficiencia. Eficiencia significa producir bienes de alta calidad en el menor tiempo y costo posibles. Por su parte, productividad está cada vez más vinculada con la calidad del producto, de los insumos y del propio proceso.

#### 3.5.2. Mantenimiento.

Es el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento.

El mantenimiento industrial engloba las técnicas y sistemas que permiten prever las averías, efectuar revisiones, engrases y reparaciones eficaces, dando a la vez normas de buen funcionamiento a los operadores de las máquinas, a sus usuarios, y contribuyendo a los beneficios de la empresa. Es un órgano de estudio que busca lo más conveniente para las máquinas, tratando de alargar su vida útil de forma rentable para el usuario (Lorenzo Sanzol, 2010).

Es un concepto que está ligado a un proceso productivo efectivo –capital para la vida de la empresa–, a una política seria de desarrollo para la competitividad, al cumplimiento y seguimiento riguroso de las normas de seguridad industrial y a un cambio de mentalidad empresarial, orientado a lograr la calidad total en sus procesos para obtener excelentes resultados que signifiquen mayores beneficios. El mantenimiento ofrece un bien real: capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad.

Está comprobado que el mantenimiento industrial incide básicamente en seis puntos: los costos de producción, la calidad del producto o servicio, la capacidad operacional (importante para los plazos de entrega), la seguridad e higiene industrial, la calidad de vida de los colaboradores de la empresa y la imagen y seguridad ambiental de la compañía (María Cristina Rojas, 2012: 2-3).

### **3.5.3. Tecnología.**

Es el medio para transformar ideas en procesos o servicios, que permita además mejorar o desarrollar procesos. Sin embargo, y aunque su raíz etimológica la reduce a la ciencia de las artes industriales, no consiste únicamente en métodos, máquinas, procedimientos, instrumental, métodos de programación, materiales y equipos que pueden comprarse e intercambiarse, sino que es también un estado de espíritu, la expresión de un talento creador y la capacidad de sistematizar los conocimientos para su aprovechamiento por el conjunto de la sociedad.

## CAPITULO IV:

### PROPUESTAS E INFORME DE EXPERIENCIA PROFESIONAL

El presente acápite, fundamentalmente se compone de tres partes: la labor profesional del autor de este informe en la empresa Yura S.A., la situación productiva inicial (en el 2008-2009) de la empresa y la implementación de acciones para la superación del problema, para este efecto se utilizará algunos temas cuyas características ya se expusieron en el marco teórico.

#### 4.1. LA LABOR PROFESIONAL DEL AUTOR DE ESTE INFORME EN LA EMPRESA CEMENTO YURA S.A.

Ingresé a trabajar a Yura S.A. en enero del año 2009 con el objetivo principal encomendado por la gerencia general de mejorar el rendimiento y la productividad del molino vertical de cemento, equipo que está bajo mi cargo y supervisión.

Las funciones del cargo que desempeñé y que me delegaron son las siguientes:

- -Incrementar la productividad del molino vertical de cemento.
- -Planificar, coordinar y controlar las operaciones del proceso de cemento.
- -Supervisión en planta del proceso y personal.
- -Garantizar la operatividad de todos los equipos involucrados en el proceso de molienda.
- -Coordinación de actividades de mantenimiento de los equipos que lo requieran.

Este molino es el de mayor capacidad de producción de cemento en la empresa, con 180 TN/HR, por lo cual, es importante para la misma que su proceso sea eficiente, que el equipo tenga un elevado porcentaje de disponibilidad, y que su producción sea la más elevada posible para poder cumplir con los pedidos y requerimientos de cemento del mercado del sur peruano y los requerimientos de Chile y Bolivia.

En el presente informe detallaré las principales actividades y tareas realizadas durante mi experiencia laboral con la finalidad de incrementar la productividad del molino vertical de cemento.

#### **4.2. LA SITUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA 'CEMENTO YURA S.A.' PREVIA A LA IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS.**

La producción en la empresa 'Cemento Yura S.A.' gira en torno al 'Molino Vertical de Cemento Loesche, es un diseño Alemán del 2006. La maquinaria está diseñada para laborar a tiempo completo las 24 horas del día, con un eficiente consumo de energía y un ratio de producción por hora mayor al de los molinos de bolas convencionales.

##### **4.2.1. Indicadores de productividad utilizados por la empresa Cemento Yura S.A.**

La empresa Cemento Yura S.A., toma en cuenta los siguientes indicadores de productividad:

##### **a. Ratio de producción - Toneladas de cemento producidas por hora.**

*Tabla nº 1: Producción de cemento por hora.*

<b>Fecha</b>	<b>Toneladas/hora promedio</b>
Diciembre – 2008	158
Enero– 2009	159
Febrero – 2009	157
Marzo- 2009	160

*Fuente: Empresa Cemento Yura S.A.*

El valor nominal de producción en TN/H producidas según el diseño de fábrica del molino Loesche es de 170-175 toneladas por hora. El ratio de producción del molino en los meses de diciembre - 2008, enero, febrero y marzo del 2009, según la tabla n° 1 es inferior al valor del diseño.

**b. Consumo específico - Consumo de energía.**

*Tabla n° 2: Consumo de energía en kilowatts/tonelada producida.*

Fecha	KW/tonelada promedio
Diciembre – 2008	35.12
Enero – 2009	34.93
Febrero – 2009	34.68
Marzo- 2009	34.37

*Fuente: Empresa Cemento Yura S.A.*

Los kilowatts por tonelada producida según especificaciones del fabricante, deben ser 31-32 KW/TN. La tabla n° 2 expresa un consumo promedio de energía superior al especificado por el fabricante, lo que genera un mayor costo.

**b. Costo en Nuevos soles por tonelada producida.**

*Tabla n° 3: Costos de cemento por tonelada producida.*

Fecha	S/. por tonelada promedio
Diciembre – 2008	139.51
Enero– 2009	137.26
Febrero– 2009	137.02
Marzo- 2009	136.45

*Fuente: Empresa Cemento Yura S.A.*

El costo de producción que la empresa espera obtener del molino vertical de cemento, debe ser menor de lo que se observa en la tabla superior. La tabla nº 3 nos reporta un costo superior por tonelada: en el mes de diciembre del 2008 se llegó a la cifra más alta de esta etapa evaluada. Estos costos no satisfacen las expectativas de la empresa.

En síntesis, el déficit en el tonelaje de producción y en el consumo de energía elevaban cada vez más los costes por tonelada, por tanto, los valores que se generaban en torno a la capacidad productiva del molino vertical, no respondían a una economía que genere ingresos y favorezca el crecimiento de la empresa.

La primera conclusión fue que era necesario identificar las causas de la baja productividad del molino y analizar las posibles soluciones a los problemas.

#### **4.2.2. Determinación de las causas de la baja productividad en la empresa Cemento Yura S.A.**

Al ingresar a trabajar a la empresa, como responsable del correcto funcionamiento del molino de cemento, se realizó junto con un equipo de trabajo el análisis de la situación actual, para determinar las causas de las ineficiencias que se daban en torno al molino vertical de cemento.

Este equipo de trabajo conformado por personas involucradas directamente en el proceso de producción del molino y de diferentes especialidades como ingenieros de mantenimiento, personal técnico mecánico y eléctrico, jefe de producción, líder de turno, inspector del molino, especialistas operacionales y ayudantes del molino, se reunían para analizar mediante una lluvia de ideas las principales causas de la ineficiencia del molino para que una vez concluidas se tomen las acciones correctivas correspondientes. El resultado de estas reuniones fue presentado en un diagrama de causa-efecto y se adjunta en este informe.

Posteriormente se analizó, de manera focalizada, el funcionamiento del molino de cemento, haciendo uso de los reportes digitales automáticos tanto de producción como de mantenimiento (2009-2012) de la empresa. Estos datos se procesaron mediante el

Diagrama de Pareto e histogramas de frecuencias para luego analizar e identificar los principales problemas relacionados a la producción del molino de cemento.

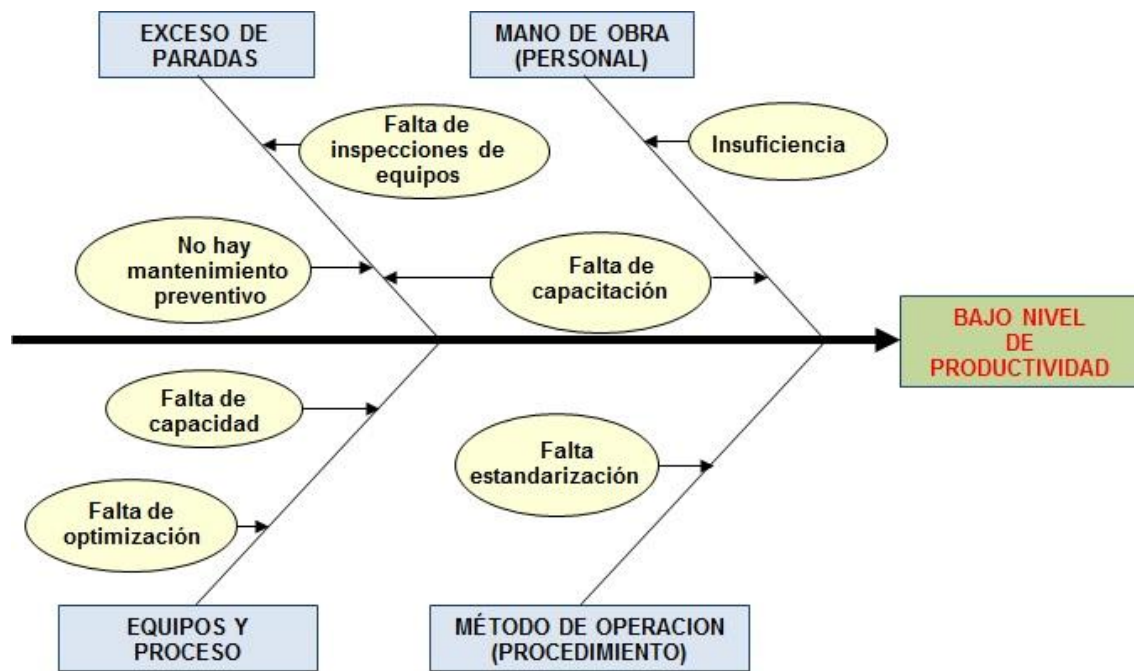
Para el presente informe se relacionó los resultados de productividad obtenidos a través del Chi-Cuadrado para mostrar los cambios en el tiempo a partir de la implementación de las acciones de mejora.

**a. Diagrama Causa Efecto:**

De las reuniones multidisciplinarias que se tuvieron, se llegó a la siguiente conclusión en el diagrama Causa-Efecto:



Gráfico nº 7: Diagrama causa y efecto de la baja productividad del proceso de cemento.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en la empresa Yura S.A.

### 1.- Cantidad elevada de paradas por fallas en los equipos del proceso productivo y en la operación:

El proceso de producción contaba con un elevado tiempo de paralización debido a fallas inesperadas en diferentes equipos de la línea de producción. Esto por lo tanto derivaba en una menor producción de cemento y elevados costos por maquinaria parada.

También se determinó que las paralizaciones en el proceso, no sólo eran por fallas en las máquinas, sino que también provenían de la mala operación desde la sala de control por parte de los especialistas operacionales del molino, por descuidos inintencionados en la operación o desconocimiento de las principales variables de operación, principalmente por falta de capacitación.

Después de analizar este problema se observó que el área de mantenimiento no contaba con un plan de inspecciones sobre todo mecánicas de los equipos, que ayude a planificar los trabajos de mantenimiento programado y principalmente detectar las posibles fallas en los equipos antes de que éstas ocurran. Por lo tanto se concluyó que era necesario realizar un plan de inspecciones programadas de equipos, sobre todo de los que eran

críticos para el proceso, y que esto debería ayudar a reducir las paradas del proceso de producción de cemento.

De igual manera el área de producción tenía que hacer seguimiento a los problemas operacionales de tal modo de programar capacitaciones para mejorar el rendimiento y minimizar las debilidades de los especialistas operacionales.

## **2.- Mano de Obra:**

Algunas paralizaciones del proceso o demoras en los arranques del molino como se mencionó anteriormente, eran debido a que el personal que operaba el molino desde sala de control no contaba con los conocimientos teóricos necesarios acerca del funcionamiento y proceso del molino vertical de cemento; por lo cual necesitaban capacitación.

También se determinó que no había personal operativo de campo suficiente que atiende las emergencias que tenían que ver con producción, por lo que era necesario contar con un operador o ayudante de campo adicional.

## **3.- Problemas con el proceso y equipos:**

En el proceso existían muchos derrames de cemento sobre todo en el transporte hacia los silos de almacenamiento, esto debido a que en el transporte se tenía fajas transportadoras con capacidad insuficiente para la cantidad de cemento transportada.

Esto provocaba toneladas de cemento derramadas, las cuales luego eran recogidas por personal de limpieza y cargadores frontales para ser reprocesadas, esto obviamente implica un costo mayor. Como se verá más adelante se tuvo que usar un medio de transporte diferente para solucionar este problema.

Por otro lado en el proceso de molienda contaba con equipos que necesitaban ser optimizados para aumentar la producción y en algunos casos para evitar paradas del proceso pues tenían fallas repetitivas.

Como se verá dentro de las mejoras se tuvo que mejorar equipos, cambiar motores de más capacidad y optimizar el proceso para aumentar la producción y mejorar la calidad del producto final en este caso cemento.

#### **4.- Estandarización de procedimientos:**

En sala de control (lugar desde donde se opera el molino) existen 4 operadores en diferentes turnos que son los responsables directos de la producción.

Se pudo ver que no existe un procedimiento estándar para operar el molino, pues cada uno operaba el molino según su criterio, lo cual provocaba muchas veces un proceso inestable en cuanto a cantidad de producción y calidad del producto final. Por esto se vio necesario desarrollar un procedimiento escrito que detalle y estandarice los criterios de operación que optimicen el proceso.

Es así que se elaboró un procedimiento e instructivo de como operar el molino en donde se señalaban las variables de control importantes para mantener una operación estable.

##### **b. Análisis de la información digital de la base de datos del molino:**

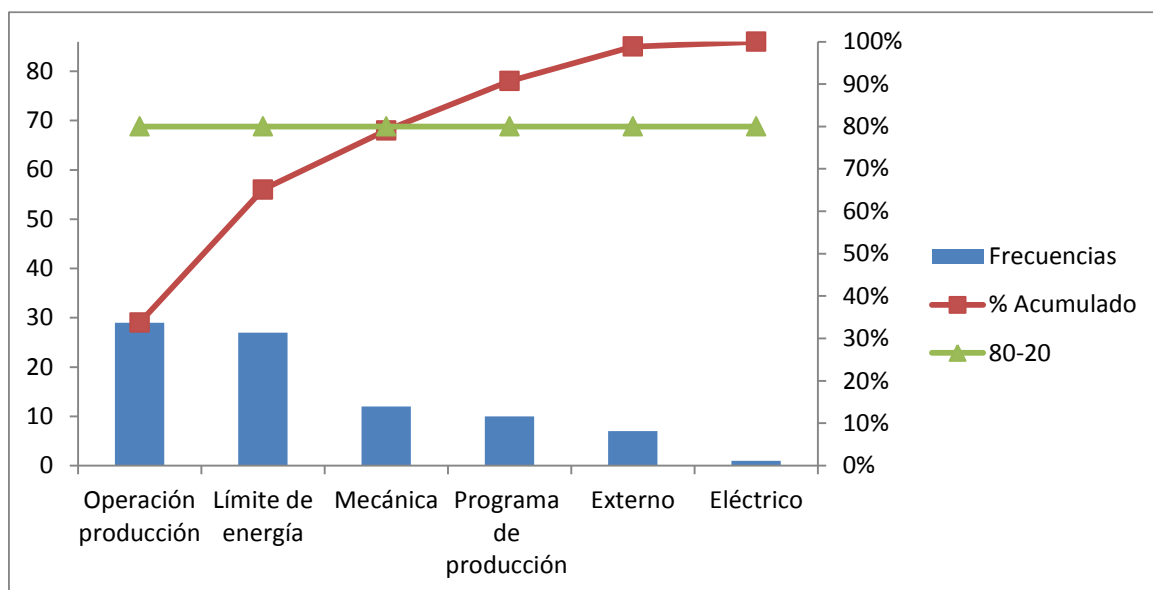
Se obtuvo información digital de la base de datos que almacena las paradas del molino de cemento. Con esto se procesó la información mediante el diagrama de Pareto, el cual ayudó a detectar las principales causas del elevado número de paradas del molino.

A continuación observaremos gráficos de Pareto de algunos meses de los años 2008 y 2009, etapa previa a la implementación de acciones de mejora, en donde se aprecia que las causas de paros más recurrentes mes a mes son las mismas.

En la tabla nº 4 se presenta las causas relacionadas con el molino de cemento. La información se procesó mediante el Diagrama de Pareto para resaltar los datos de mayor relevancia.

Tabla n° 4: Paradas del molino de cemento vertical en Enero del 2008.

Causas de la falla	Frecuencias	% Acumulado		80-20
Operación producción	29	34%	29	80%
Límite de energía	27	65%	56	80%
Mecánica	12	79%	68	80%
Programa de producción	10	91%	78	80%
Externo	7	99%	85	80%
Eléctrico	1	100%	86	80%



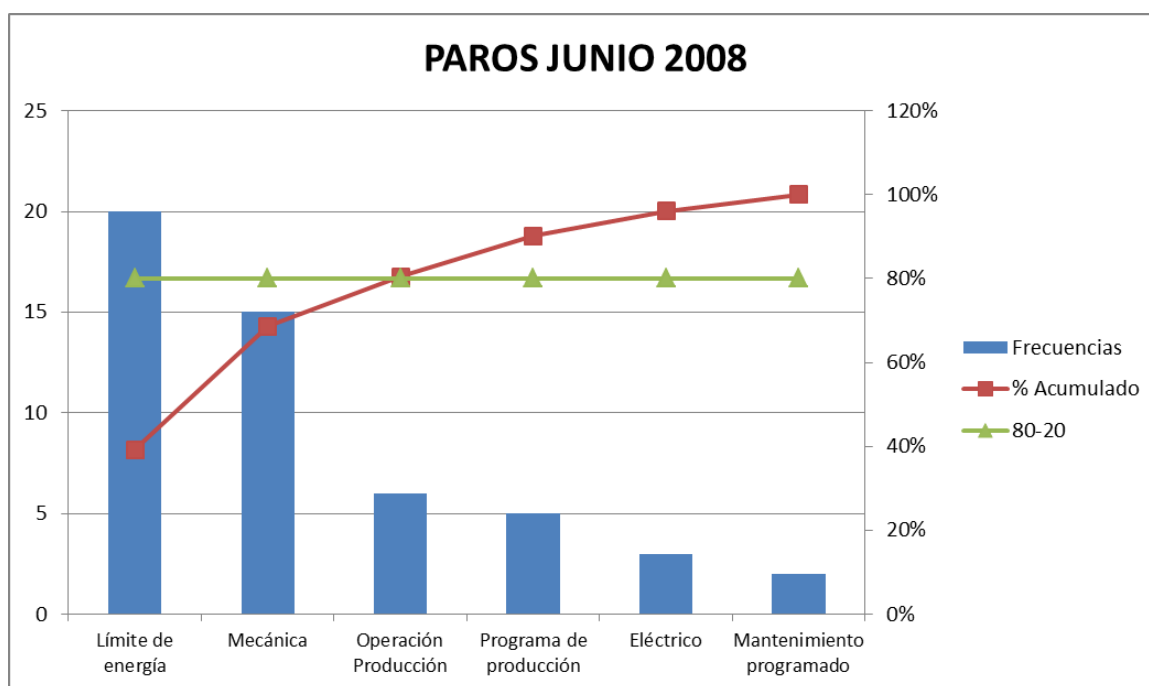
Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos del sistema del molino vertical de cemento Loesche

Se puede apreciar la frecuencia con la que se presentan las causas de paros del molino, los cuales a su vez afectan la baja productividad del sistema. Retomando los conceptos del marco teórico, el diagrama de Pareto es denominado también con el diagrama 80-20 en razón de que muestra con claridad los pocos vitales (80%) y los muchos triviales (20%). Solucionando los pocos vitales se supera el problema de baja producción en la empresa.

De las 86 paradas del molino de cemento vertical detectadas en el mes de Enero 2008, los problemas vitales a solucionar, son 'fallas en operación producción', 'límite de energía' y 'problemas mecánicos'; de estos, el de mayor incidencia, como se aprecia en la primera barra del gráfico, es la 'operación producción'. Ya en la observación profesional, se pudo detectar la falta de capacitación para el control y monitoreo del molino que permita una operación estable del mismo.

Tabla n° 5: Paradas del molino de cemento vertical en Junio del 2008.

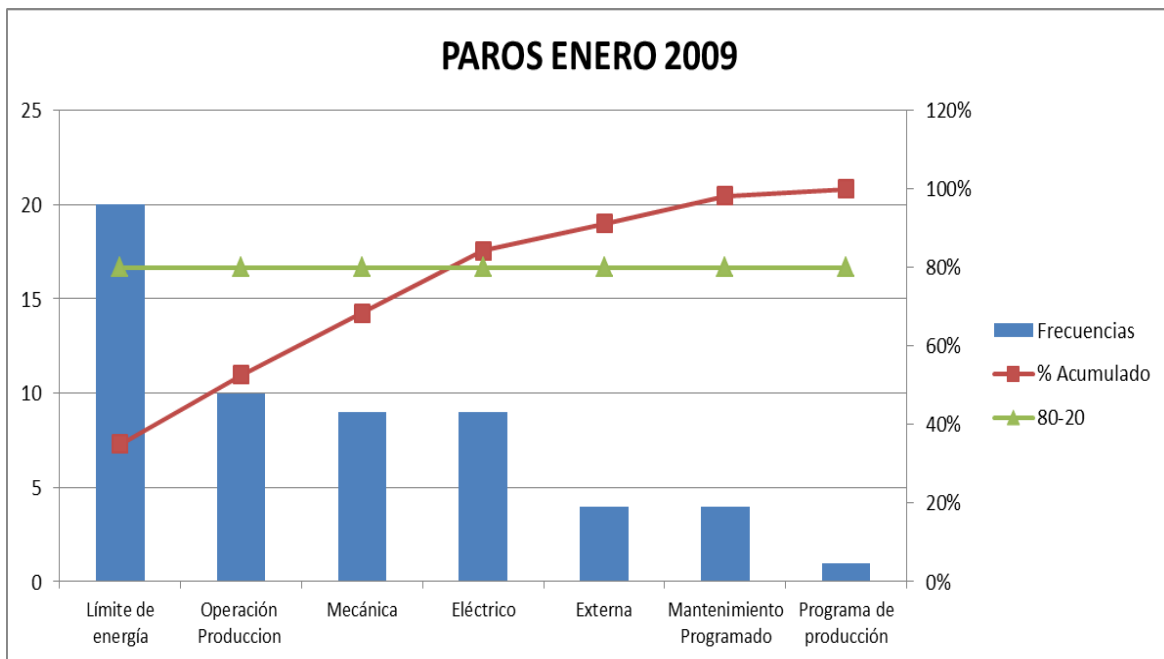
Causas de la falla	Frecuencias	% Acumulado	Frecuencia Acumulada	80-20
Límite de energía	20	39%	20	80%
Mecánica	15	69%	35	80%
<b>Operación Producción</b>	<b>6</b>	<b>80%</b>	<b>41</b>	<b>80%</b>
Programa de producción	5	90%	46	80%
Eléctrico	3	96%	49	80%
Mantenimiento programado	2	100%	51	80%



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos del sistema del molino vertical de cemento Loesche

Tabla n° 6: Paradas del molino de cemento vertical Enero del 2009.

Causas de la falla	Frecuencias	% Acumulado	Frecuencia Acumulada	80-20
Límite de energía	20	35%	20	80%
Operación Produccion	10	53%	30	80%
Mecánica	9	68%	39	80%
<b>Eléctrico</b>	<b>9</b>	<b>84%</b>	<b>48</b>	<b>80%</b>
Externa	4	91%	52	80%
Mantenimiento Programado	4	98%	56	80%
Programa de producción	1	100%	57	80%



*Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos del sistema del molino vertical de cemento Loesche*

Consolidando los resultados obtenidos mediante la información hallada por los dos instrumentos, se concluyó que la baja productividad era consecuencia directa de la cantidad excesiva de paradas y tiempo que duraban los paros, pues se dejaba de producir cemento afectando el ratio de producción.

Por otro lado durante un paro normalmente no se paran los equipos auxiliares (lubricación, transporte de cemento, compresoras de aire, etc) consumiendo energía eléctrica sin estar produciendo, lo que tiene como consecuencia que al final del día se eleve el consumo específico del molino ya que se está usando energía ineficientemente.

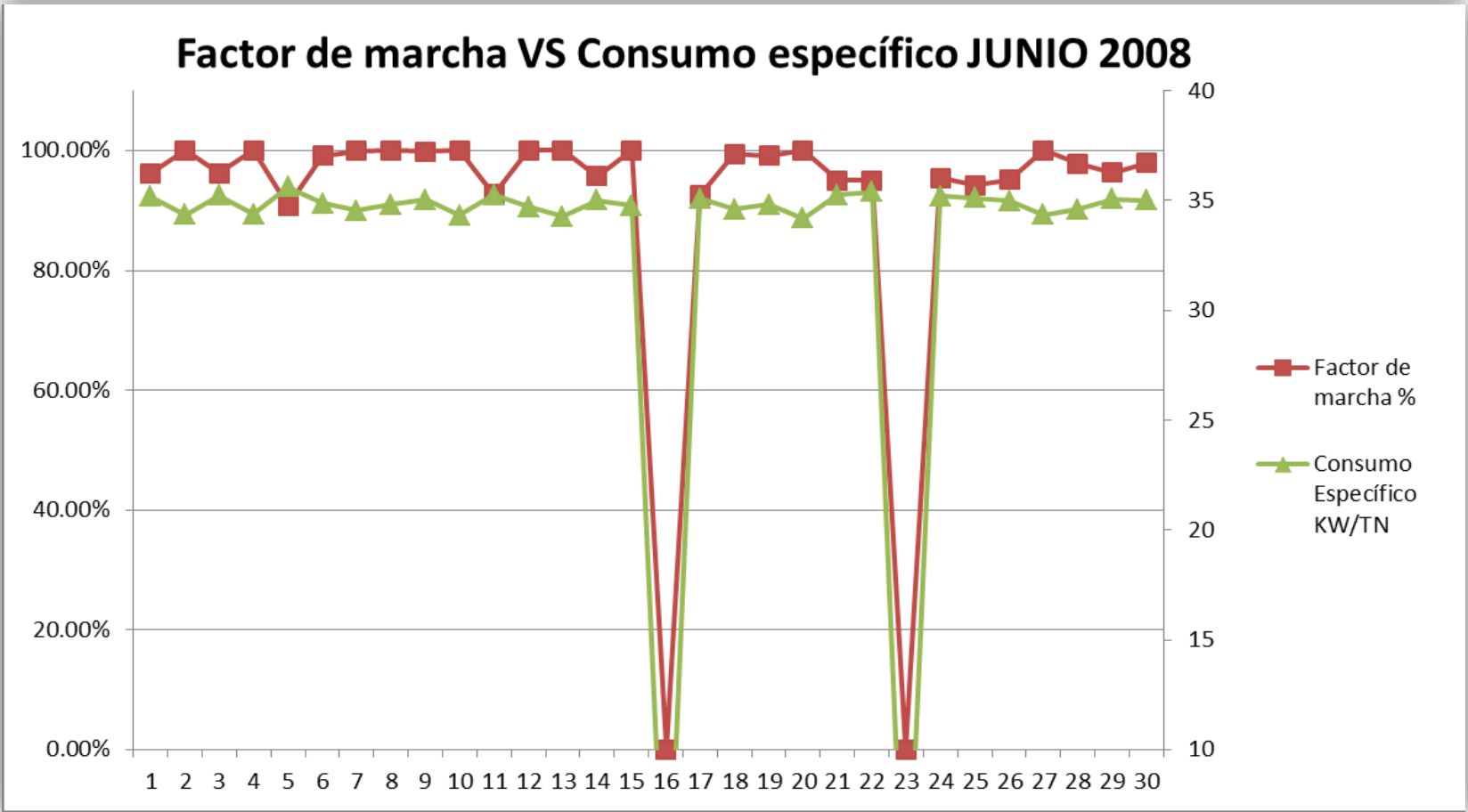
Otro punto importante por el que era necesario reducir la cantidad de paros del molino, fue que al momento de arranque del mismo, se necesita media hora aproximadamente para llegar a su carga plena o alimentación normal de 180 TN/H, ya que el operador le va aumentando carga poco a poco para mantener un trabajo estable. En conclusión a más paradas del molino, más tiempo de normalización de la operación, menor producción y el ratio de producción disminuye viéndose afectado.

Tabla n°7: Relación del Factor de marcha con el Consumo específico y el Ratio de producción Junio del 2008.

Fecha Junio 2008	Factor de marcha %	Consumo Específico KW/TN	Ratio de Producción TN/H
1	96.25%	35.17	158
2	100.00%	34.36	161
3	96.25%	35.23	159
4	100.00%	34.38	162
5	90.83%	35.61	157
6	99.10%	34.86	160
7	99.92%	34.55	161
8	100.00%	34.83	161
9	99.85%	35.04	160
10	100.00%	34.32	162
11	92.68%	35.26	157
12	100.00%	34.72	161
13	100.00%	34.28	162
14	95.74%	35.01	158
15	100.00%	34.76	160
16	0.00%	0	0
17	92.50%	35.1	157
18	99.40%	34.61	161
19	99.13%	34.82	160
20	100.00%	34.18	163
21	94.97%	35.27	158
22	95.00%	35.39	157
23	0.00%	0	0
24	95.42%	35.21	158
25	94.23%	35.13	158
26	95.10%	34.97	159
27	100.00%	34.35	162
28	97.85%	34.61	161
29	96.37%	35.06	158
30	97.92%	35	160

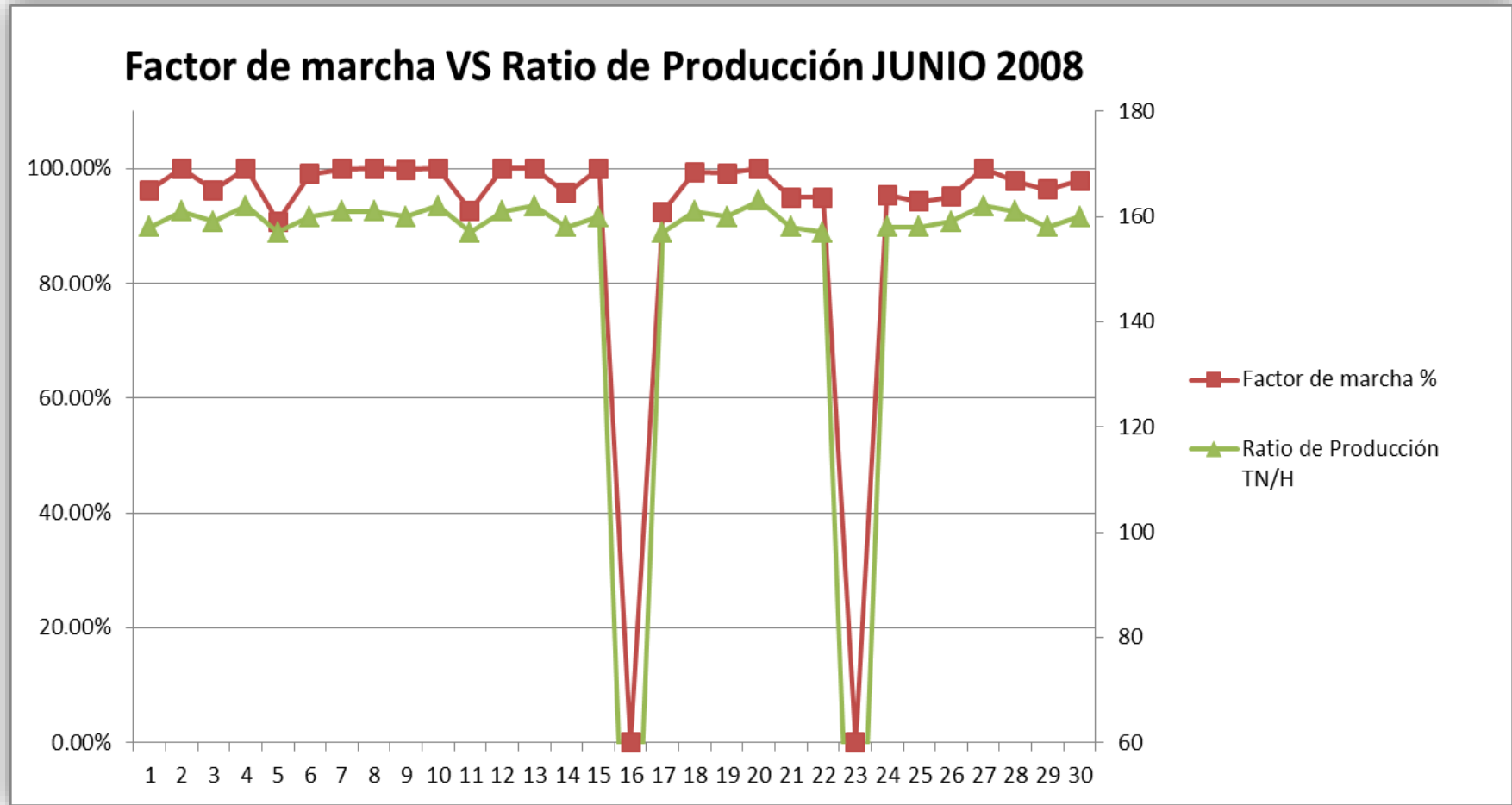
Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos del sistema del molino vertical de cemento Loesche

Gráfico n° 8: Relación del factor de marcha con el consumo específico



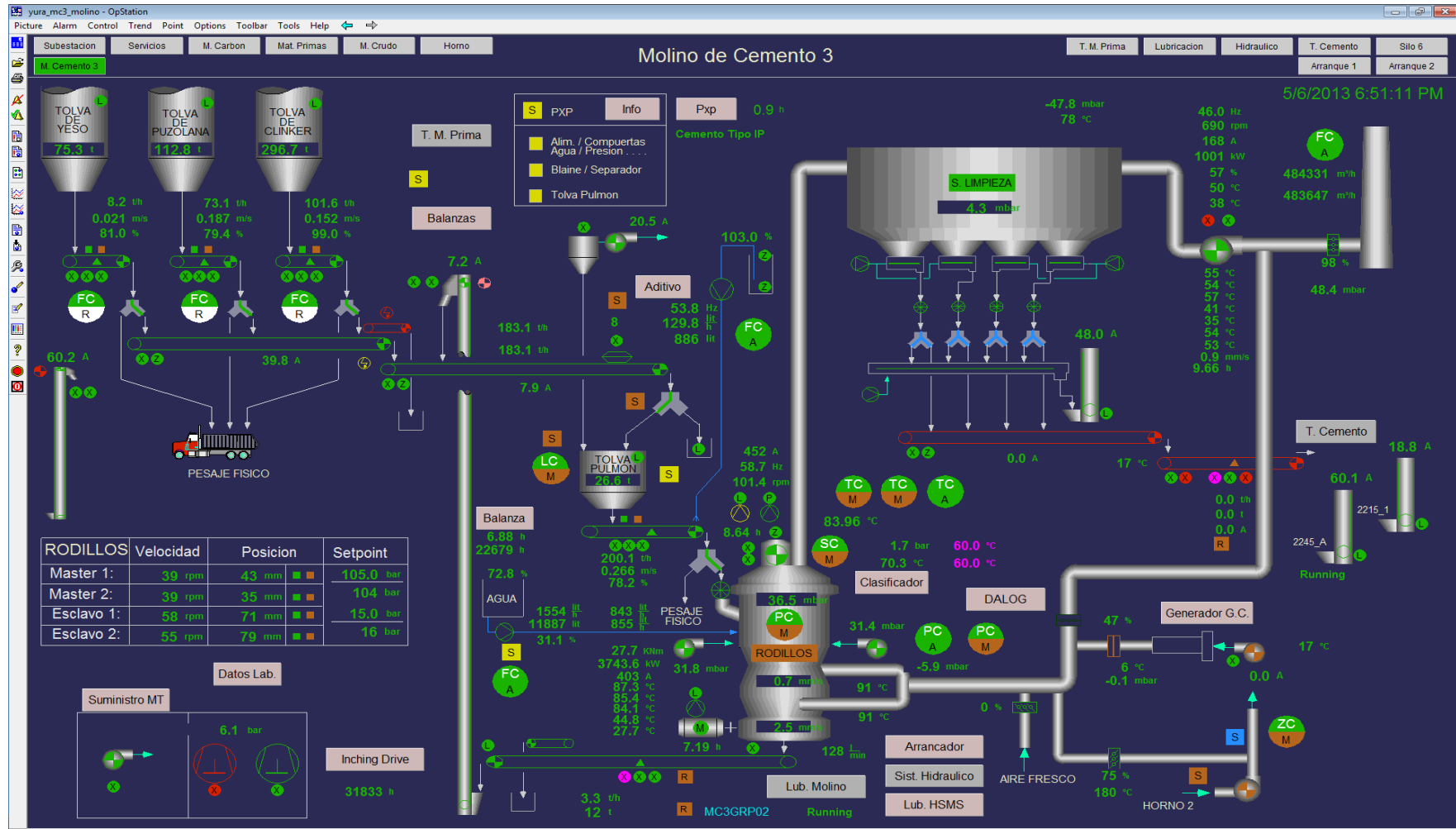
Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos del sistema del molino vertical de cemento Loesche

Gráfico n° 9: Relación del factor de marcha con el ratio de producción



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos del sistema del molino vertical de cemento Loesche

Imagen n° 7: Vista del sistema de control y operación del molino de cemento vertical de rodillos.



Fuente: Pantalla del ECS

Para concluir se puede determinar según las herramientas de análisis que las ‘fallas en operación por producción’ mencionada en el Diagrama de Pareto tiene relación directa con la ‘falta de mano de obra’ y ‘falta de capacitación’ de personal en el Diagrama de causa-efecto. Las ‘fallas mecánicas’ tienen su correspondiente relación con ‘falta de inspecciones de equipos’ y ‘falta de mantenimiento preventivo’ en el Diagrama de causa-efecto.

Después de analizar las causas, se llegó a la conclusión de que no había un adecuado mantenimiento de los equipos, no existía una jerarquización de equipos críticos que repetidamente paralizaban el proceso. De igual manera se observó que no había un plan de inspecciones, sobre todo mecánicas, de los equipos, que ayude a planificar los trabajos de mantenimiento programados y detectar las posibles fallas en los equipos antes de que éstas ocurran.

#### **4.3. IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONES PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA ‘CEMENTO YURA S.A.’**

Una vez identificadas los problemas y causas que originan la baja productividad en el proceso de producción de cemento, se diseñó algunas propuestas de mejora para el proceso.

Con el trabajo integrado y participación de los operadores de campo, inspectores y líderes de área tanto de procesos como de mantenimiento, se elaboró las siguientes estrategias de superación:

- Realizar capacitaciones que aborden temas fundamentales para todo el personal.
- Realizar capacitaciones que aborden temas específicos para el personal involucrado en la molienda vertical de cemento.
- Implementar algunas optimizaciones y mejoras en el proceso de molienda.
- Realizar seguimiento a la operación del molino vertical para estandarizar las variables de operación entre los especialistas operacionales.

- Elaborar instructivos o gamas de inspección de equipos críticos involucrados en el proceso de molienda de cemento con el objetivo de asegurar su confiabilidad y evitar paros del proceso.

#### 4.3.1. Capacitación del personal

Se realizó dos tipos de capacitaciones: uno a nivel general y otro específico por áreas con el objetivo de atender los requerimientos que preocupan a todos y para abordar las dificultades específicas de las diversas áreas.

Para cumplir con el objetivo, en el equipo de profesionales se diseñó el programa, se buscó los capacitadores adecuados, se coordinó las fechas, las horas y el ambiente adecuado. Se solicitó a los inspectores de cada área para coordinar todas las acciones necesarias para que los operarios puedan asistir a las capacitaciones sin perjudicar la producción.

Materiales a utilizarse: proyector multimedia, computadora y equipo de sonido, pizarra y plumones acrílicos, puntero láser, fotocopias de textos propuestos por el expositor, instrumentos indispensables de taller: wincha, llaves de mecánica, medidores de presión y temperatura.

En la tabla nº 8 se presenta la temática, el responsable y las fechas de ejecución. Los resultados se podrán apreciar con la nueva productividad que irá emergiendo en la empresa.

*Tabla nº 8: Capacitación general de obreros y empleados 2009.*

Tema	A cargo de:	Fecha
Entrenamiento en Salud Ocupacional y Seguridad Ambiental	3M	may-02
Operación de balanzas dosificadoras	Shenck Process	ago-01
Química del cemento	Area Procesos Yura	oct-10
Operación de molinos de cemento	Area Proyectos Yura	dic-05

*Fuente: Área de Procesos Yura S.A.*

Las capacitaciones de nivel general se realizaron en diversos grupos, y se caracterizaron por ser más teóricas que prácticas.

*Tabla nº 9: Capacitación específica de los operarios del molino de cemento 2009.*

Tema	A cargo de:	Fecha
Historia detallada de la tecnología del molino vertical Loesche.	Loesche América	Marzo-02
Estudio detallado de las partes del molino vertical Loesche fabricación 2006	Loesche América	Junio-01
Reglamentos de seguridad de la empresa.	Área Procesos de Empresa Cemento Yura	Septiembre-07
Implementos de seguridad y modo de uso.	Inspector de procesos del Molino de Cemento	Noviembre-09

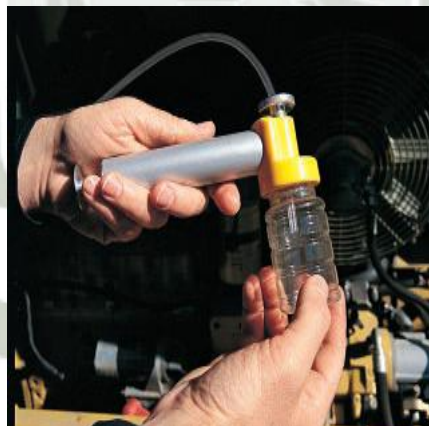
*Fuente: Área de Procesos Yura S.A.*

*Imagen nº 8: Fotos de capacitación general de grupo de operadores de la empresa por parte de Loesche America.*



*Fuente: Área de Procesos Yura S.A.*

Imagen nº 9: Fotos de capacitación dirigida por el especialista de Loesche América.



Fuente: Archivos área de Procesos.

La primera capacitación específica -con la presencia de un expositor internacional- se realizó de manera teórica, en cambio, las demás se realizaron 'in situ' identificando y manipulando piezas. En las capacitaciones se hizo uso de los manuales impresos y digitales del molino de cemento vertical.

*Tabla nº 10: Capacitación específica de los operarios del molino de cemento 2010.*

Tema	A cargo de:	Fecha
Mantenimiento Mecánico del Molino Vertical Loesche	Loesche América	ene-04
Proceso de Molienda y operación del Molino Vertical Loesche	Loesche América	abr-05
Protección Auditiva	MSA	jul-05
Liderazgo	TECSUP	oct-10
Reportes de energía	Área mantenimiento eléctrico Yura	dic-04

*Fuente: Área de Procesos Yura S.A.*

*Imagen nº 10: Fotos de capacitación en campo del molino de cemento vertical por especialista de Loesche América.*





*Fuente: Área de Procesos Yura S.A.*

La imagen n° 10 muestra algunas evidencias de las capacitaciones. Una característica de las capacitaciones específicas que se brindó a los operadores de campo del molino de cemento es que fueron prácticas, con manipulación de equipos y ejemplificación de reparaciones.

*Imagen n° 11: Fotos capacitación mecánica por especialista Loesche America.*





Fuente: Área de Procesos Yura S.A.

Tabla n° 11: Capacitación específica de los operadores de campo y especialistas del molino de cemento 2011.

Tema	A cargo de:	Fecha
Mecánica Básica	TECSUP	feb-07
Electricidad Básica	TECSUP	may-09
Reportes de producción en SCADA	Área mantenimiento electrónico Yura	nov-07

Fuente: Área de Procesos Yura S.A.

Las capacitaciones fueron espacios de encuentro, formación y socialización de las dificultades que veían a diario, que debido a la premura del tiempo no se dialogaba. Este esfuerzo fue valorado positivamente por los operadores de campo y mecánicos de planta, mejoró considerablemente el desenvolvimiento laboral de los operarios, y se cree que la mejora de la productividad se debe al esfuerzo desplegado desde las diversas áreas, entre ellas, uno fundamental: la capacitación.

#### 4.3.2. Implementaciones de inspecciones preventivas y predictivas en el molino vertical de cemento.

Con el objetivo de minimizar las paradas por fallas mecánicas en el proceso del molino vertical de cemento, se elaboró un programa de inspecciones con sus respectivas guías y

frecuencias. A estas guías se les denominó “gamas”. Se realizó gamas referidas a tres partes del molino: al molino vertical propiamente dicho, al reductor del molino y al clasificador dinámico del molino. En este informe presentaré 2 gamas de inspección importantes de cada parte del mismo, que ayudaron a detectar fallas prematuras durante mi experiencia profesional.

En las siguientes tablas se presentan 2 gamas referidas al molino vertical de cemento:

Tabla n° 12: Gama de inspección de monitoreo del sistema de lubricación de rodillos Master.

GABINETE HSMS							COD. GAMA			
MONITOREO DE PRESIÓN DE LUBRICACIÓN, MONITOREO DE DEPRESIÓN DE LUBRICACIÓN, MONITOREO DE TEMPERATURA DEL ACEITE DE LUBRICACIÓN, VERIFICACIÓN FLUJO DE ACEITE							ES_MEC_4601			
EQUIPO:		L3-2136	SISTEMA:		Lub Rod Máster	COMPONENT:		Gab. HSMS	TIEMPO:	0.50 hrs
TIPO MTTO:		INP	DISCIPLINA:		MEC	ESTADO:		M	N° INSP:	1
Equipo	Ítem	Descripción			Cód.	Cant	Un			
		No aplica								
Herram.	Ítem	Descripción			Cód.	Cant	Un			
	01	Brochas.				1	Pza.			
Material	Ítem	Descripción			Cód.	Cant	Un			
	01	Trapo Industrial.				0.5	Kg.			
<b>Desarrollo de gama:</b>										
a) Realizar limpieza de los manómetros correspondientes a la presión de aceite de los rodillos máster así como también a los visores de flujo de aceite, utilizar trapo industrial y brocha de ser necesario.										
<b>Monitoreo de presión de lubricación.</b>										
b) Registrar presiones de aceite de lubricación en los rodillos Máster N° 1 y N° 2 en los manómetros correspondientes a las bombas de alimentación. Ver figuras 1 y 2.										
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión recomendada: 01 – 02 bar.</li> </ul>										
 <p>Fig.1 Manómetro Rodillo Máster N°1.</p>						 <p>Fig.2 Manómetro Rodillo Máster N°2.</p>				
<b>Monitoreo de depresión de lubricación.</b>										
c) Registrar presiones de aceite de lubricación en los rodillos Máster N° 1 y N° 2 en los manómetros correspondientes a las bombas de succión. Ver figuras 3 y 4.										

- Presión recomendada: (-0.2) – (-0.4) bar.

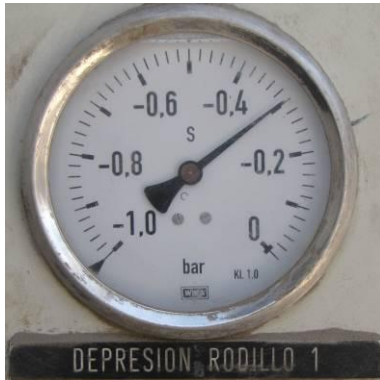


Fig.3 Manómetro Rodillo Máster N°1.

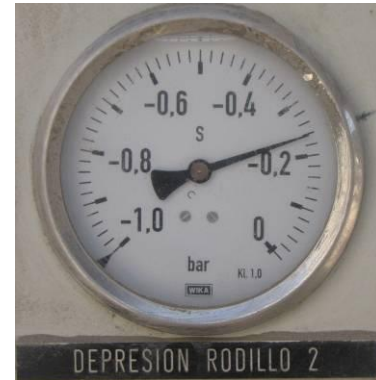


Fig.4 Manómetro Rodillo Máster N°2.

**Monitoreo de temperatura del aceite de lubricación.**

- d) Registrar temperaturas del aceite de lubricación del indicador de temperatura ubicado en el gabinete HSMS. Ver figura 5.
- Rango de 50° C a 70° C.



Fig.5 Indicador de temperatura.

**Verificación de flujo de aceite en los rodillos.**

- e) Verificar en el visor de nivel de aceite del rodillo N° 1, la existencia de flujo continuo y estado de aceite de lubricación. Ver figuras 6 y 7.
- f) Verificar en el visor de nivel de aceite del rodillo N° 2, la existencia de flujo continuo y estado de aceite de lubricación. Ver figuras 6 y 7.



**NOTA** No olvidar que sólo se apreciará flujo de aceite en los visores cuando las bombas de succión creen un vacío en la línea de succión y retornen el aceite al tanque a razón de 10 lt/min.



Fig.6 Visor de flujo de aceite rodillo Máster N°1.

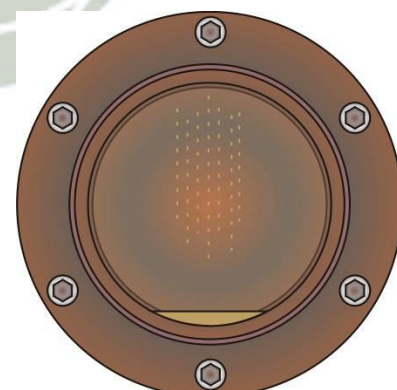


Fig.7 Visor de flujo de aceite.

Fuente: Archivos área de Mantenimiento – Yura S.A.

Tabla nº 13: Gama de inspección para el monitoreo de desgaste de forros de rodillos master.

RODILLOS							COD. GAMA	
MONITOREAR DESGASTE DE FORROS DE RODILLOS MASTER							ES_MEC_4301	
EQUIPO:	L3-2115	SISTEMA:	Molienda	COMPONENT:	Rodillos	TIEMPO:	1.5 hrs.	
TIPO MTO:	INP	DISCIPLINA:	MEC	ESTADO:	P	Nº INSP:	2	
Equipo	Ítem	Descripción	Cód. SAP	Cant	Un			
	01	Plantilla – regla para rodillos master		1	Pza.			
02	Vernier		1	Pza.				
Herram.	Ítem	Descripción	Cód. SAP	Cant	Un			
	01	Martillo		1	Pza.			
	02	Cinzel		1	Pza.			
03	Tubo de 2" y 2m de largo		1	Pza.				
Material	Ítem	Descripción	Cód. SAP	Cant	Un			
	01	Trapo Industrial		0.25	Kg.			

**Desarrollo de gama:**

**COMPONENTES A INTERVENIR: Rodillo Master 1 y Rodillo Master 2**



**PRECAUCIÓN:** Tener cuidado con las partes calientes del rodillo master.  
Consultar la gama: ES\_OPE\_4300

- Girar manualmente el rodillo hasta la posición de medición predefinida. Utilizar una palanca de 2m (Tubo de 2 pulgadas)
- Retirar copas protectora de perno en la cara plana de mayor diámetro, con chamfercord (mecánico-soldador)
- Retirar pernos y colocarlos con el brazo de la plantilla.
- Limpiar la superficie del rodillo a monitorear, retirar material cementado del rodillo en la zona de medición.
- Alinear la plantilla con respecto a la generatriz del rodillo a la distancia de 10mm. entre la plantilla y la generatriz. Sujetar con sus pernos en ambos extremos. Ver figura 1 y figura 2
- Realizar la medición con un vernier (profundímetro) cada tres milímetros usando la regla de la plantilla.
- Debido que el rodillo Master no se desgasta uniformemente a lo largo de su superficie, dar más énfasis en la zona de desgaste.
- Registrar los datos en tabla (ver tabla Nº 1) para el histórico de monitoreo, y evaluar la tendencia de desgaste.
- El desgaste real es el valor obtenido menos los 10mm considerados en la medición.
- Retirar el perno del brazo de la plantilla.
- Colocar copas protectoras de perno en la cara plana de mayor diámetro, unido con soldadura (mecánico-soldador).
- Asegurarse que todo el material ingresado al molino es retirado.

Diámetro externo alto del rodillo master: 2900mm  
Longitud de la generatriz del rodillo es de: L = 810mm



Plantilla- regla para la medición



Alineación de la plantilla al rodillo 10mm en la zona de no contacto del rodillo.



En las siguientes tablas N° 14 y 15 se muestran las gamas realizadas para el reductor del molino Loesche.

Tabla n° 14: Gama de inspección para monitorear parámetros del sistema de lubricación del reductor del molino.

REDUCTOR							COD. GAMA	
MONITOREAR PARÁMETROS DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DEL REDUCTOR							ES_MEC_4405	
EQUIPO:	L3-2115-2	SISTEMA:	Lubricación	COMPONENT:	Reductor	TIEMPO:	0.3 hrs.	
TIPO MTTO:	INP	DISCIPLINA:	MEC	ESTADO:	M	N° INSP/EJEC:	1	
Equipo	Ítem	Descripción	Cód. SAP	Cant	Un			
	01	Pirómetro láser		1	UND			
Herram.	Ítem	Descripción	Cód. SAP	Cant	Un			
		No aplica						
Material	Ítem	Descripción	Cód. SAP	Cant	Un			
		No aplica						
<p><b>Desarrollo de gama:</b></p> <p><b>Lectura de presiones de lubricación del reductor.</b></p> <p>g) Registrar presiones de lubricación del sistema de baja presión en los indicadores ubicados en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubería de ingreso de aceite de lubricación hacia PADs. (Detalle A- Fig. 1)</li> <li>• Tubería de ingreso de aceite de lubricación hacia piñón corona. (Detalle B-Fig. 1)</li> <li>• Tubería de ingreso de aceite de lubricación hacia planetarios, piñones y rodamientos. (Detalle C-Fig. 2)</li> <li>• Tubería de ingreso de aceite de lubricación hacia rodamiento de piñón de ataque. (Detalle D-Fig. 2)</li> </ul> <p>h) Comparar con el rango de presión normal, el cual deberá estar entre <b>0.5 bar a 1 bar</b>.</p> <p>i) Reportar a Ingeniero de Predictivo en caso de registrarse presiones fuera del rango.</p>								

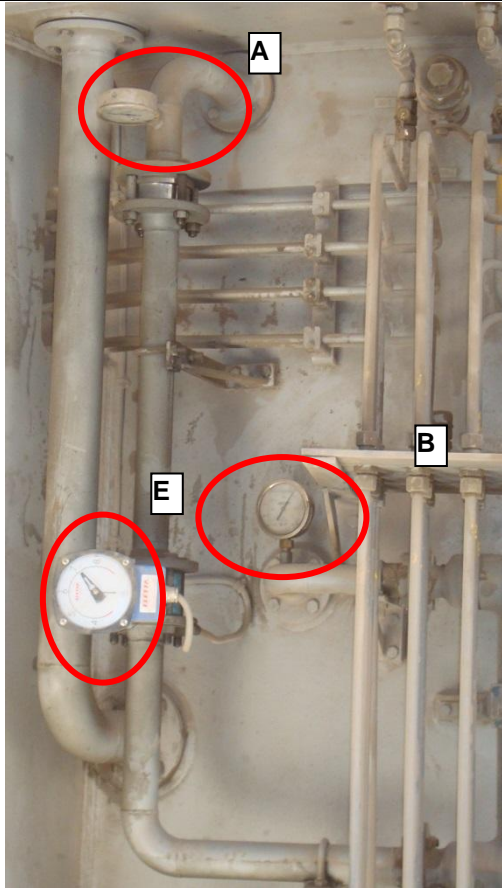


Fig. 1 A: Manómetros en línea hacia PADs y B: hacia Piñón-Corona ataque

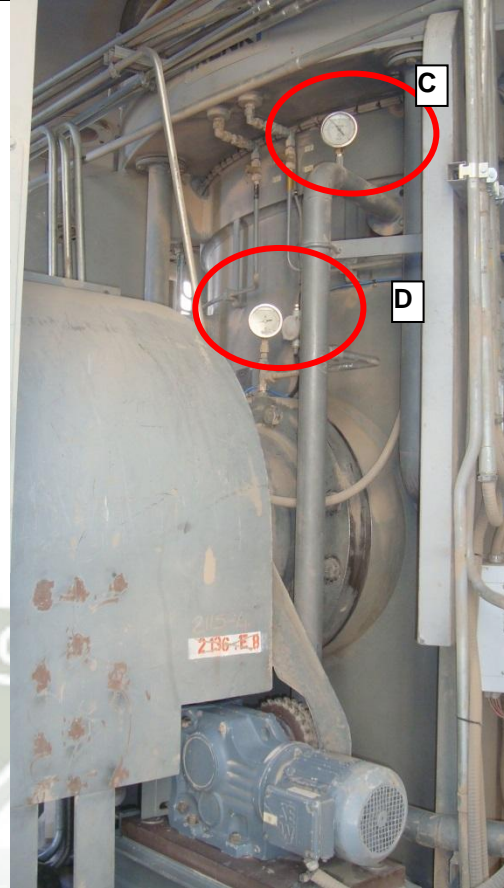


Fig. 2 C: Manómetros de línea hacia planetarios y D: piñón de ataque

### Lectura del flujo de aceite hacia el reductor

- j) Registrar la lectura del flujómetro ubicado a un costado del reductor. (Detalle E-Fig.3)
- k) Verificar que el rango de flujo normal este entre **120 a 160 litros /minuto**, reportar inmediatamente a Ingeniería de Mantenimiento en caso de registrar flujos fuera del rango.

**NOTA**  
La lectura en litros/minuto se obtiene multiplicando por 20 la indicación de la aguja en la carátula del flujómetro. Ver Fig. 4

- l) Reportar a Ingeniero de Predictivo en caso de registrar flujos fuera del rango.

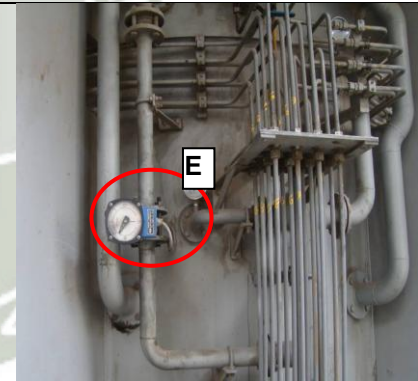




Fig.3 Ubicación del flujómetro del sistema de baja.



Fig.4 Flujómetro indicando 140 Litros/minuto.

Fuente: Archivos área de Mantenimiento – Yura S.A.

Tabla nº 15: Gama de inspección para monitorear parámetros del enfriador de aceite del sistema de lubricación del reductor.

ENFRIADOR							COD. GAMA	
MONITOREO DE PARÁMETROS DEL ENFRIADOR DE ACEITE DE LUBRICACIÓN							ES_MEC_4411	
EQUIPO:	L3-2115-2	SISTEMA:	Lubricación	COMPONENT:	Enfriador	TIEMPO:	0.5 hrs.	
TIPO MTTO:	INP	DISCIPLINA:	MEC	ESTADO:	M	Nº INSPECT:	1	
Equipo	Ítem	Descripción		Cód. SAP	Cant	Un	 <p>Fig.1 Tablero de Indicadores en Sala de Lubricación.</p>	
Herram.	Ítem	Descripción		Cód. SAP	Cant	Un		
Material	Ítem	Descripción		Cód. SAP	Cant	Un		
<p><b>Desarrollo de gama:</b></p> <p>a) Registrar la Presión de Aceite a la Salida del Enfriador en el indicador identificado con el número 10 en el tablero de la sala de lubricación. Ver Fig. 1</p> <p>b) Registrar la Temperatura de Aceite a la Salida del Enfriador en el indicador identificado con el número 11 en el tablero de la sala de lubricación. Ver Fig. 1</p> <p>c) Registrar la Presión de Agua del Enfriador en el indicador ubicado en la tubería de ingreso del intercambiador. Ver Fig. 2</p> <p>d) Comparar los valores registrados con los valores recomendados. Reportar en caso se encuentren valores fuera del rango.</p>							 <p>Fig.2 Indicador de Presión de agua del enfriador.</p>	
Parámetro			Valor Recomendado					
Presión de Aceite a la Salida del Enfriador.			De 1 a 2 bar					
Temperatura de Aceite a la Salida del Enfriador.			Máximo 55° C					
Presión de agua del enfriador			Máximo 4 bar					

Fuente: Archivos área de Mantenimiento – Yura S.A.

En las siguientes tablas Nº 16 y 17 se muestran las gamas realizadas para el clasificador dinámico del molino vertical de cemento.

Tabla n° 16: Gama de inspección para monitorear la temperatura del rodamiento superior del clasificador.

CLASIFICADOR							COD. GAMA	
MONITOREOS DE TEMPERATURAS DEL RODAMIENTO SUPERIOR							ES_MEC_4517	
EQUIPO :	L3-2116	SISTEMA:	Accionamiento	COMPONENT:	Eje del Rotor	TIEMPO:	0.20 hrs	
TIPO MTTO:	MPD	DISCIPLINA:	MEC	ESTADO:	M	N° INSP/EJEC:	1	
Equipo	Ítem	Descripción		Cód. SAP	Cant	Un		
	01	Pirómetro láser			1	UND		
Herram.	Ítem	Descripción		Cód. SAP	Cant	Un		
Material	Ítem	Descripción		Cód. SAP	Cant	Un		
	01	Trapo Industrial			0.2	KG		

Fig.1 Ventana de medición de temperatura.

**Desarrollo de gama:**

- Verificar que la emisividad del pirómetro este ajustada a 0,95.
- Acercar el pirómetro hacia la ventana de medición. Ver Fig. 1
- Barrer con el láser del pirómetro sobre la tapa del rodamiento superior. Ver Fig. 2
- Registrar la temperatura máxima. El rango normal de temperatura debe estar entre 40-60 °C
- Reportar al Ingeniero de Predictivo en caso la temperatura este fuera del rango

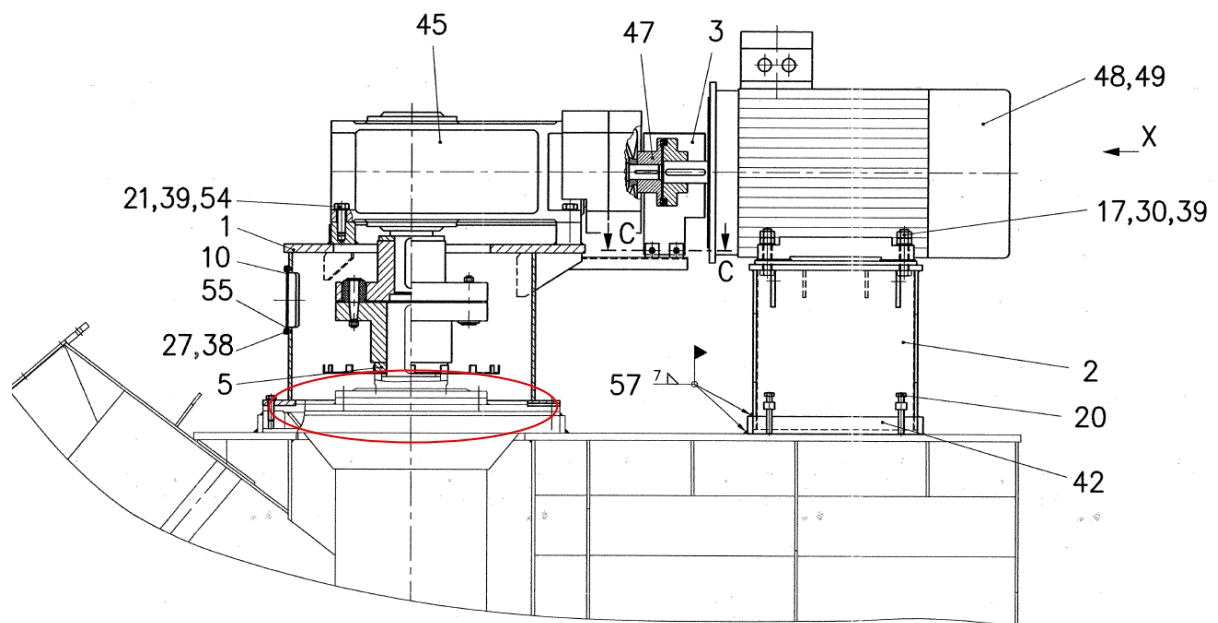


Fig.2 Tapa del rodamiento superior.

Fuente: Archivos área de Mantenimiento – Yura S.A.

Tabla nº 17: Gama de inspección para monitorear desgaste de cubos soportes de los álabes fijos.

ÁLABES FIJOS MONITOREO DE DESGASTE DE CUBOS SOPORTE DEL EJE DE ÁLABES FIJOS							COD. GAMA	
							ES_MEC_4513	
EQUIPO :	L3-2116	SISTEMA:	Estator	COMPONENT:	Álabes Fijos	TIEMPO:	0.7 hrs.	
TIPO MTTO:	MPD	DISCIPLINA:	MEC	ESTADO:	P	Nº INSPEC:	2	
Equipo	Ítem	Descripción	Cód. SAP	Cant	Un			
	01	Foco con cable de extensión.		1	UND.			
02	Regla graduada		1	UND.				
Herram.	Ítem	Descripción	Cód. SAP	Cant	Un			
	01	Tablas de madera		4	UND.			
	02	Espátulas		1	UND.			
03	Soga		10	m				
Material	Ítem	Descripción	Cód. SAP	Cant	Un			
	01	Trapo Industrial		0.3	Kg.			

**Desarrollo de gama:**

**NOTA** Se deben retirar tres álabes móviles para poder hacer la medición del desgaste de los cubos..

m) Limpiar la superficie de los cubos.  
n) Mover transversalmente los ejes para observar soltura de pines y juego respecto al cubo.  
o) Identificar visualmente los cubos con mayor desgaste. Revisar uniones soldadas de todos los cubos por posibles fisuras. Revisar ajuste de pernos de fijación del pin al eje. Reportar en caso de encontrarse daños en soldadura o pernos sueltos (Ver Fig. 2)  
p) Evaluar los cubos con mayor desgaste, con el empleo de una regla patrón, en la parte inferior central del cubo. Ver Fig. 1. La regla patrón esta basada en la tabla 1  
q) Reportar al Ingeniero de Predictivo en caso se encuentre algún cubo con desgaste igual o menor al valor de alerta.

Descripción	Medida
Valor con cubo nuevo	30.00 mm
Valor de alerta	10.00 mm
Valor de peligro	8.00 mm

Tabla 1. Valores permisibles de desgaste del cubo

Fig. 1 Medición del desgaste del cubo.

r) Inspeccionar desgastes en el forro del eje. Reportar en caso de encontrar desgaste.

**NOTA** Se debe tener numerados los 30 cubos. El cubo número 1 y el sentido de numeración debe estar claramente marcado.

Fig. 2 Detalle de cordones de soldadura y pernos de fijación del pin al eje.

Fuente: Archivos área de Mantenimiento – Yura S.A.

Al realizar la inspección se elabora un informe completo al área de procesos y mantenimiento mediante el cual se especifica los detalles de la labor. Se precisa la acción ejecutada, el equipo según el código asignado por la empresa, el estado anterior, los procedimientos sugeridos para corregir la anomalía si la hubiera, el estado actual y algunas otras notas si así lo requiere el operador de campo o inspector mecánico.

Todas estas gamas elaboradas llevadas a la práctica lograron paulatinamente reducir los paros del molino por fallas mecánicas.

Tabla n° 18: Frecuencia de inspecciones.

Equipo	Descripción de la Gama	Tipo Mantto	Frec.	Estado	N° Insp.	Tiempo Insp	H-H Insp	COD. GAMA
L3-2136	Monitoreo de presión y depresión de lubricación, monitoreo de temperatura del aceite de lubricación, verificación flujo de aceite	INP	1D	M	1	0.50	0.50	ES_MEC_4601
L3-2115	Monitorear desgaste de forros de rodillos Master	INP	3S	P	2	1.50	3.00	ES_MEC_4301
L3-2115-2	Monitoreo de Parámetros del Sistema de Lubricación	INP	1D	M	1	0.3	0.30	ES_MEC_4405
L3-2115-2	Monitoreo de Parámetros del enfriador de aceite de lubricación.	INP	1D	M	1	0.50	0.50	ES_MEC_4411
L3-2116	Monitoreo de desgaste de cubos soporte de álabes fijos	MPD	2S	P	2	0.70	1.40	ES_MEC_4513
L3-2116	Monitoreo de temperaturas del rodamiento superior	MPD	2S	M	1	0.20	0.20	ES_MEC_4517

Fuente: Archivos área de Mantenimiento – Yura S.A.

#### **4.3.3. Mejoras en los equipos del proceso productivo.**

Durante mi experiencia laboral se fueron haciendo optimizaciones, mejoras, cambios de equipos e implementaciones en el proceso de molienda con el objetivo primero de conseguir una operación estable que evite paradas del proceso, y segundo hacer más productivo el proceso, logrando producir más con los recursos disponibles.

Esto se fue logrando paulatinamente en base a la observación del proceso, y a continuación mencionaremos las mejoras hechas en el proceso que hicieron posible obtener una mayor producción de cemento.

##### **a. Modificación de toberas de inyección de agua.**

Este molino vertical por naturaleza en su operación presenta vibraciones las cuales deben ser controladas para evitar daños mecánicos y a su vez evitar paradas ya que por protección ante vibraciones muy elevadas, el molino se para automáticamente.

Es por éstas vibraciones que el molino en trabajo utiliza agua en el proceso de molienda, cuya función principal es la de aglomerar el lecho de material, nivelando la cama del mismo para que la molienda sea más eficiente y así disminuir las vibraciones del molino.

El molino de la empresa presentaba muchos picos de vibración elevados los cuales muchas veces derivaban en paradas, por lo que lo primero que se hizo fue analizar el sistema de inyección de agua para atenuar las vibraciones.

Por lo que se pudo observar y analizar cuando se inspeccionaba el molino, el diseño anterior de toberas no permitía que toda el agua dosificada entre en contacto directamente con el lecho de material pues estaba muy distante del mismo y del rodillo master que es el que ejerce la presión hidráulica para obtener el cemento.

El diseño nuevo de toberas consistía en disminuir la altura de la misma hacia la mesa y acercar la salida de agua hacia el rodillo, de tal modo que también se puede disminuir la cantidad de agua usada en la molienda.

Esto ayudó a disminuir notablemente las vibraciones y también se notó una mayor producción del molino al mejorar la aglomeración de material bajo el rodillo y por ende la eficiencia de la molienda.

*Imagen n° 12: Foto del nuevo diseño de toberas de agua del molino de cemento.*



*Fuente: Área de Procesos Yura S.A.*

#### **b. Incremento de la altura del Dam Ring (anillo de retención).**

El dam ring es la parte que bordea el perímetro de la mesa de molienda cuyo objetivo es retener el material a moler y así mantener la altura o nivel de cama del material dentro del molino dándole estabilidad a la operación.

Imagen n° 13: Fotos del dam ring del molino vertical de cemento.



Fuente: Área de Procesos Yura S.A.

Después de instalar el nuevo diseño de toberas, como se mencionó anteriormente se logró una operación más estable y una molienda más eficiente. Debido a esto se intuyó que el molino era capaz de retener más material dentro de la mesa de molienda, y para lograr este objetivo se decidió aumentar la altura del dam ring en 4 cm. soldando una platina rolada de tal manera que haya más material debajo de los rodillos para moler y así disminuir el rechazo.

Esta implementación también ayudó de manera considerable a la estabilidad en la operación y sobre todo al aumento de producción en toneladas por hora.

Cabe mencionar que con todas estas implementaciones el consumo específico de energía del proceso productivo del molino no se incrementó. Por otro lado, mejoró la calidad del cemento, aumentó el blaine y su fineza, por tanto, el cemento como producto final es más resistente.

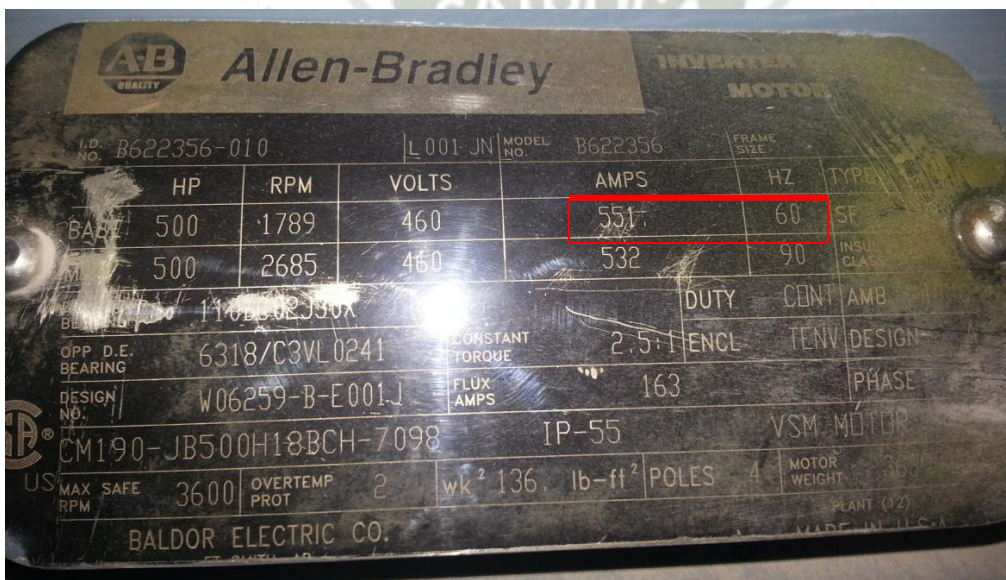
### **c. Cambio de motor de clasificador del molino.**

El clasificador del molino tiene como finalidad el separar el producto fino (cemento que pasa hacia el filtro) del material grueso el cual es rechazado hacia el interior del molino para pasar por los rodillos nuevamente. El clasificador tiene un variador de frecuencia que hace que gire a diferentes velocidades bajo el control del especialista de procesos. A más velocidad se obtiene un cemento con más fineza lo cual significa de mejor calidad.

Con el incremento de la producción, el primer equipo en verse afectado por su baja capacidad fue el clasificador del molino, ya que al existir mayor material en elevación dentro del mismo, el motor del clasificador empieza a elevar su corriente lo cual fue una limitante para seguir incrementando la producción y para mejorar la calidad del cemento ya que se tenía que disminuir velocidad o RPMs para aliviar su trabajo.

Para eliminar esta restricción se cambió el accionamiento o motor del clasificador de 400 Amperios a uno de mayor capacidad de 551 Amperios (imagen 15 y 16), con la finalidad de tener holgura de corriente durante su operación y aumentar RPMs para mejorar la calidad final del cemento.

Imagen n° 14: Foto del motor de 551 amperios y otra foto de su placa de fabricación.



Fuente: Área de Procesos Yura S.A.

El nuevo motor fue instalado el 27 de abril del 2010 y desde esa fecha se fue haciendo pruebas para incrementar el porcentaje de puzolana en la dosificación de cemento que normalmente era de 36% de puzolana, 4.5 % de yeso y 59.5% de clinker.

Con todas las mejoras que se hicieron en el molino, fue posible incrementar el porcentaje de puzolana hasta un 39% sin perjudicar la calidad del cemento, lo cual significa una disminución importante del costo de producción, ya que al usar más puzolana se disminuye el consumo de clinker que tiene un costo de producción mucho más elevado.

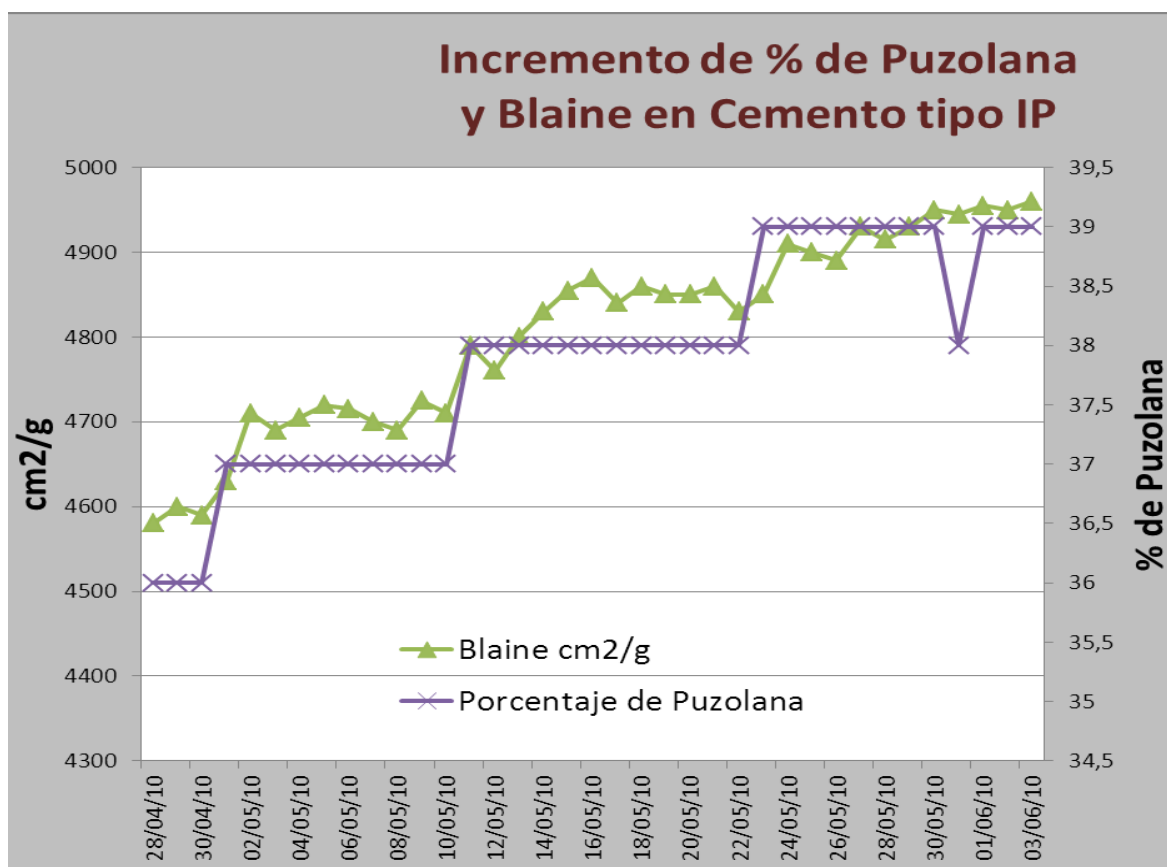
Los resultados de los análisis de cemento se muestran en la tabla n° 18 y en el gráfico n° 8.

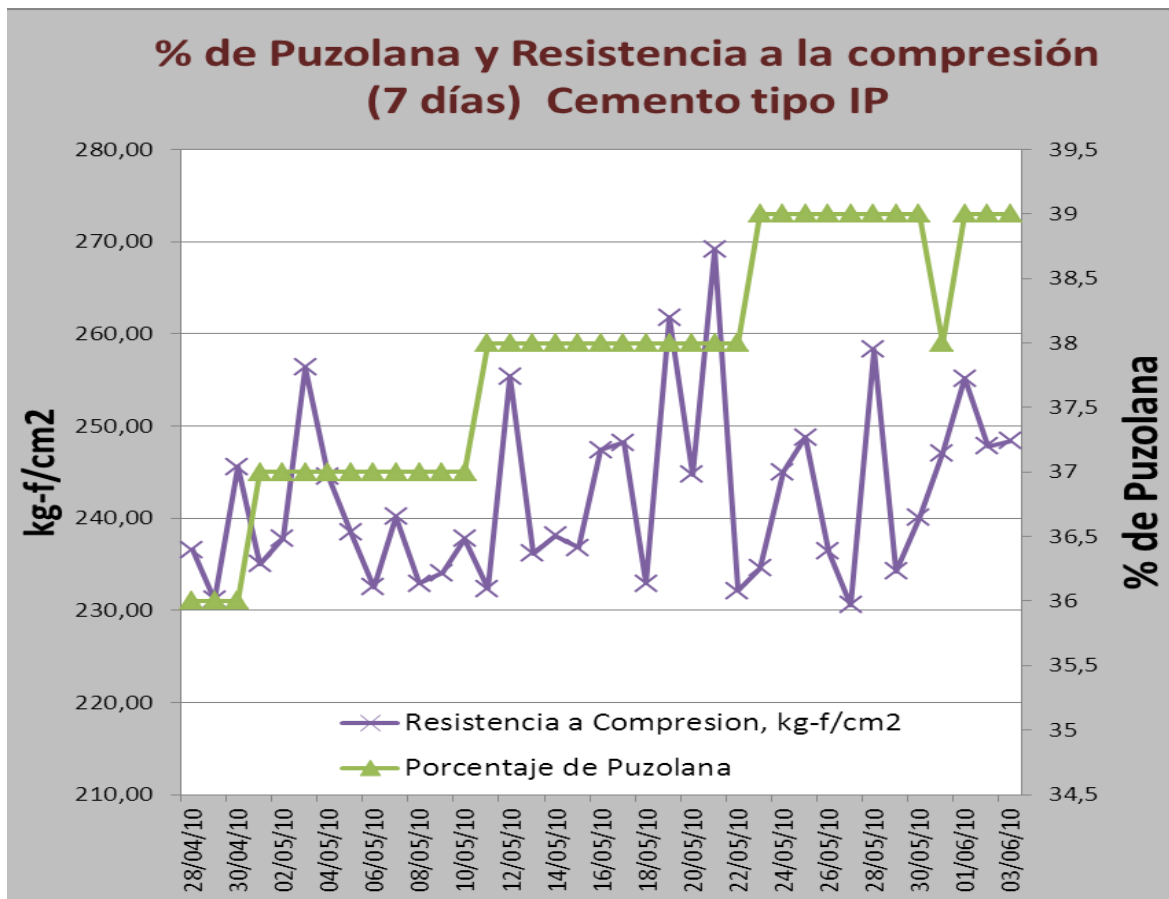
Tabla nº 19: Incremento de la adición de puzolana para la producción del cemento.

Fecha	Porcentaje de Puzolana	Blaine cm <sup>2</sup> /g	Resistencia a Compresión, kg-f/cm <sup>2</sup>
28/04/10	36	4580	236.57
29/04/10	36	4600	231.14
30/04/10	36	4590	245.58
01/05/10	37	4630	235.02
02/05/10	37	4710	237.81
03/05/10	37	4690	256.34
04/05/10	37	4705	244.51
05/05/10	37	4720	238.51
06/05/10	37	4715	232.50
07/05/10	37	4700	240.13
08/05/10	37	4690	232.89
09/05/10	37	4725	234.05
10/05/10	37	4710	237.73
11/05/10	38	4790	232.31
12/05/10	38	4760	255.36
13/05/10	38	4800	236.18
14/05/10	38	4830	238.12
15/05/10	38	4855	236.76
16/05/10	38	4870	247.42
17/05/10	38	4840	248.19
18/05/10	38	4860	232.89
19/05/10	38	4850	261.76
20/05/10	38	4850	244.71
21/05/10	38	4860	269.12
22/05/10	38	4830	232.11
23/05/10	39	4850	234.54
24/05/10	39	4910	245.01
25/05/10	39	4900	248.78
26/05/10	39	4890	236.38
27/05/10	39	4930	230.56
28/05/10	39	4915	258.27
29/05/10	39	4930	234.24
30/05/10	39	4950	240.04
31/05/10	38	4945	247.03
01/06/10	39	4955	255.17
02/06/10	39	4950	247.81
03/06/10	39	4960	248.39

Fuente: Área de Procesos Yura S.A.

Gráfico n° 10: Porcentaje de incremento de puzolana y la relación con la resistencia a la compresión.





Fuente: Área de Procesos Yura S.A.

Al tiempo que se añadió puzolana a mayores niveles, se mantuvo la estabilidad de la operación y menor costo en la producción. Esto es un logro significativo que debería conservarse o mejorar.

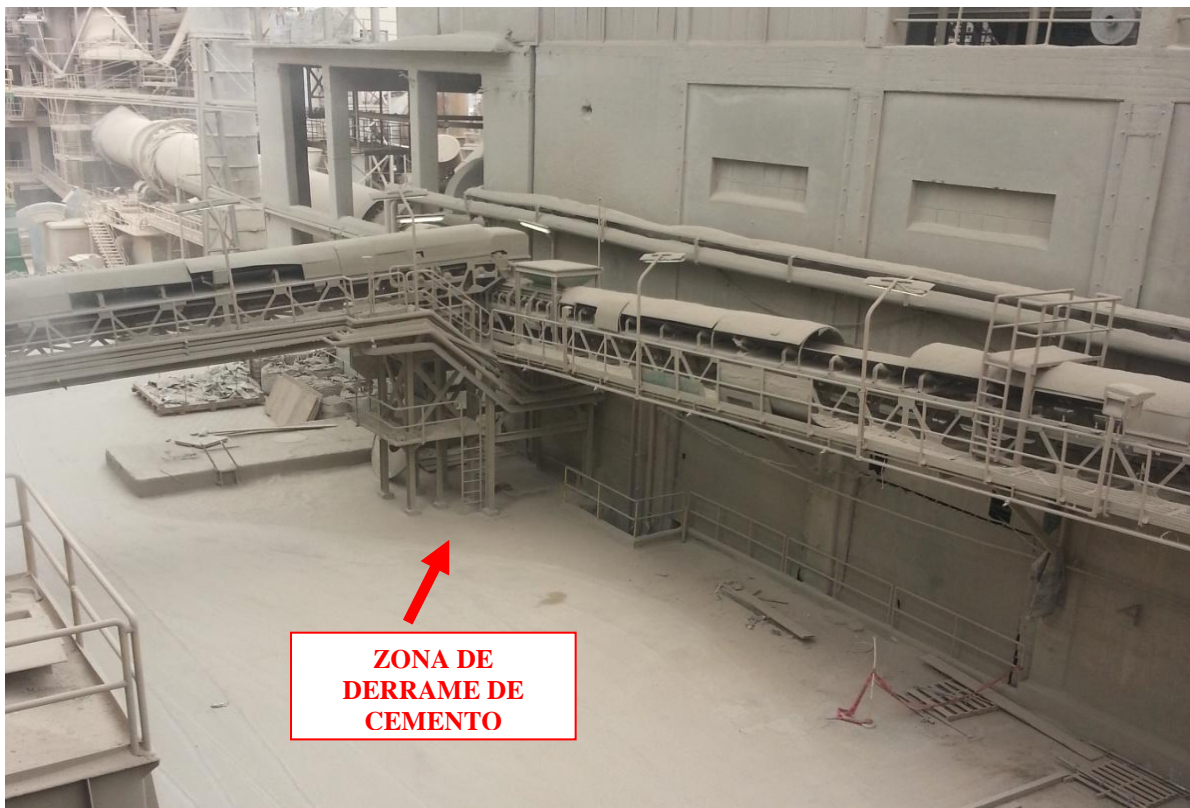
#### d. Implementación de un nuevo sistema de transporte de cemento.

Con las mejoras realizadas se logró incrementar notablemente la producción TN/Hora del molino, tanto así que la capacidad del sistema de transporte de cemento mediante fajas fue quedando insuficiente ante el mayor flujo de cemento que pasaba por ellas. Causando grandes derrames de cemento sobre todo en la transferencia de las fajas en la zona que se muestra en la foto posterior.

Cada dos días se tenía que realizar limpieza recogiendo aproximadamente 20 toneladas de cemento derramado, el cual generaba costos adicionales ya que se tenía que usar

recursos para recogerse con ayuda de personal, cargador frontal o montacargas, pesar para estimar las pérdidas de material que no llegaban al silo de almacenamiento y, sobre todo, el reproceso pues este material tenía que mezclarse con el clinker para ingresar nuevamente al sistema del molino.

*Imagen n° 15: Foto de la zona de derrame de cemento en transferencia de fajas.*

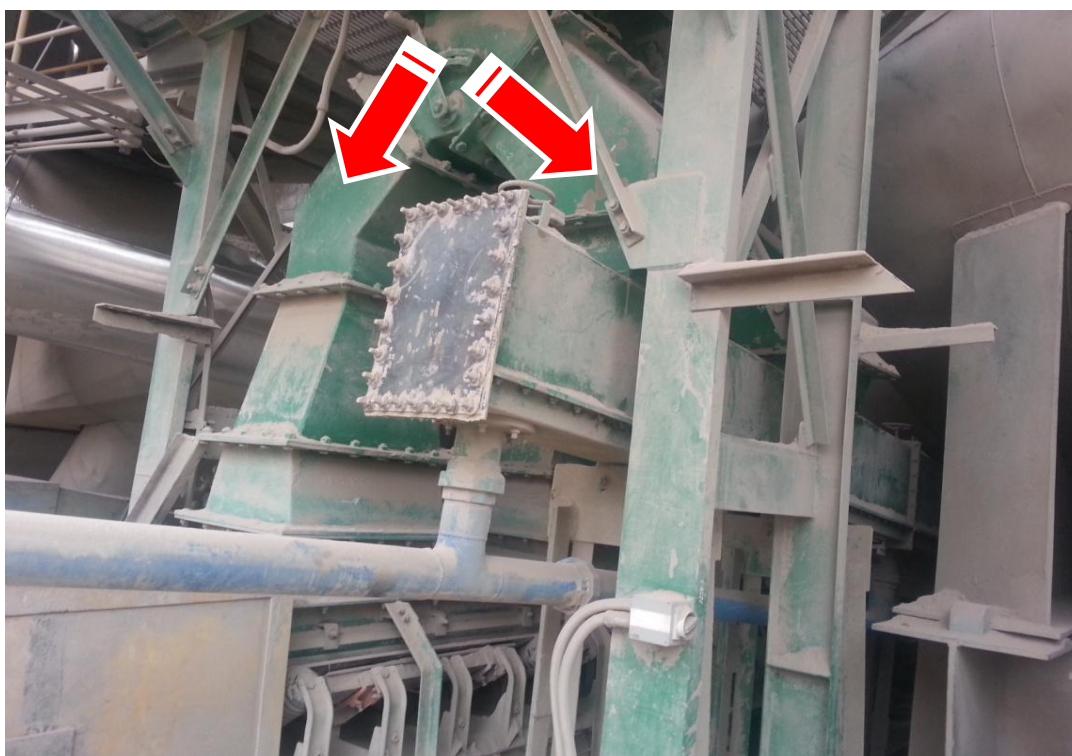


*Fuente: Fotos de la empresa.*

Después de analizar varias opciones para eliminar este derrame de cemento del proceso productivo, se decide implementar un nuevo sistema de transporte en el que se hace uso de canaletas con aire el cual al ser hermético, se elimina el derrame mencionado.

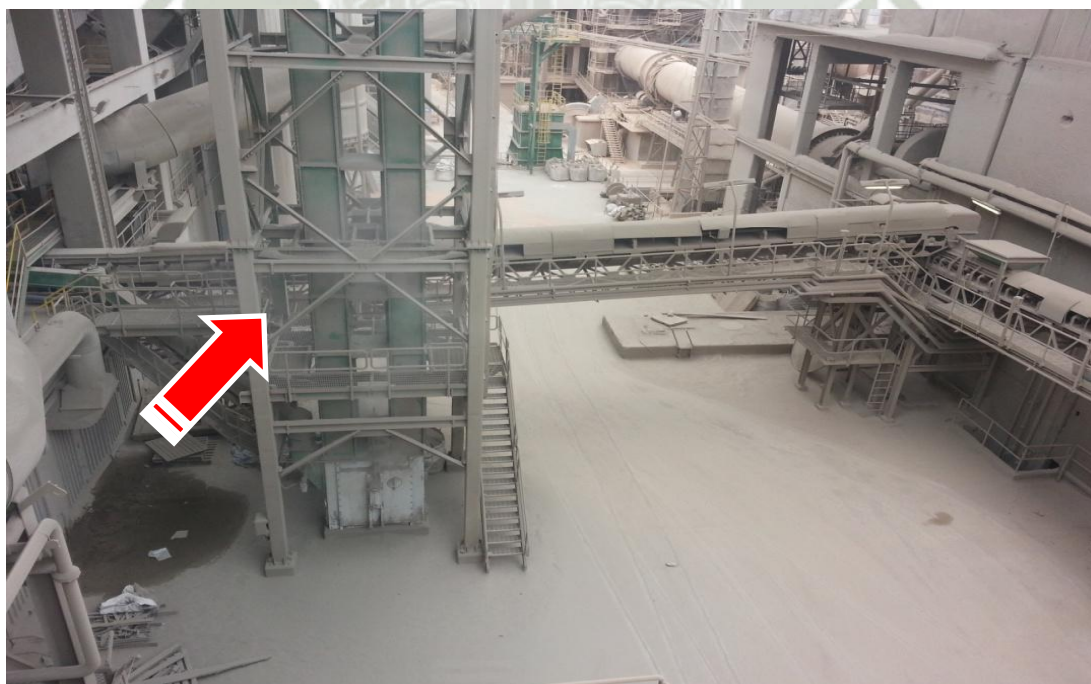
La fabricación e implementación del nuevo sistema de transporte de cemento duró aproximadamente 7 meses y se culminó en febrero del 2011. Como se puede ver en la imagen n° 16, se instaló 4 compuertas de doble vía en la que la descarga del filtro ya no se dirigía hacia las fajas sino hacia las nuevas canaletas. Después de éstas pasan a un elevador y finalmente a los silos de almacenamiento.

Imagen n° 16: Foto de las compuertas de doble vía hacia las canaletas.



Fuente: Fotos de la empresa.

Imagen n° 17: Foto de las dos vías de transporte de cemento.



Fuente: Fotos de la empresa.

Con esta considerable implementación se logró el objetivo de eliminar la polución, el desperdicio, derrame y reproceso de cemento.

#### **4.3.4. Estandarización de procedimientos.**

En sala de control (lugar desde donde se opera y controla el molino) existen 4 operadores en diferentes turnos que son los responsables directos de la producción. Se pudo ver que no existe un procedimiento estándar para operar el molino, pues cada uno operaba el molino a su criterio, lo cual provocaba muchas veces un proceso inestable en cuanto a cantidad de producción y calidad del producto final. Por esto se vio necesario desarrollar un procedimiento escrito que detalle y estandarice los criterios de operación que optimicen el proceso.

Se elaboró un manual de procedimientos para estandarizar el trabajo y las funciones de cada operador de molino y así evitar fallas por no contar con criterios estandarizados de operación.

En el anexo nº 2 se adjunta el manual de operación del molino que ayudó a estandarizar los criterios de control para una operación estable y a disminuir las paradas del proceso.

## CAPITULO V:

### RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS ACCIONES PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD

Como se mencionó antes, el ratio de producción de cemento, al inicio de mi experiencia profesional en la empresa Yura S.A. era de 159 toneladas por hora, muy inferior a la capacidad nominal del molino que es de 175-180 toneladas por hora. El consumo de energía eléctrica era de 34.93 kilowatts por tonelada, cuando el consumo garantizado por el fabricante para el molino en mención es de 32 KW/TN. Por estas y otras razones, el costo de producción de cemento por tonelada era de 137.26 nuevos soles lo cual debía ser disminuido según requerimientos de la gerencia.

Durante el tiempo que desempeñé mi labor profesional en la empresa Yura S.A., gracias al trabajo coordinado entre gerencia, jefes de área y personal involucrado en el proceso de molienda de cemento, se pudo alcanzar muchos resultados favorables.

#### 5.1. Incremento del ratio de producción del molino

Como se puede observar en la tabla N° 20 hubo un incremento importante del ratio de producción en el transcurso de los años en los que se implementaron las mejoras mencionadas anteriormente en el proceso.

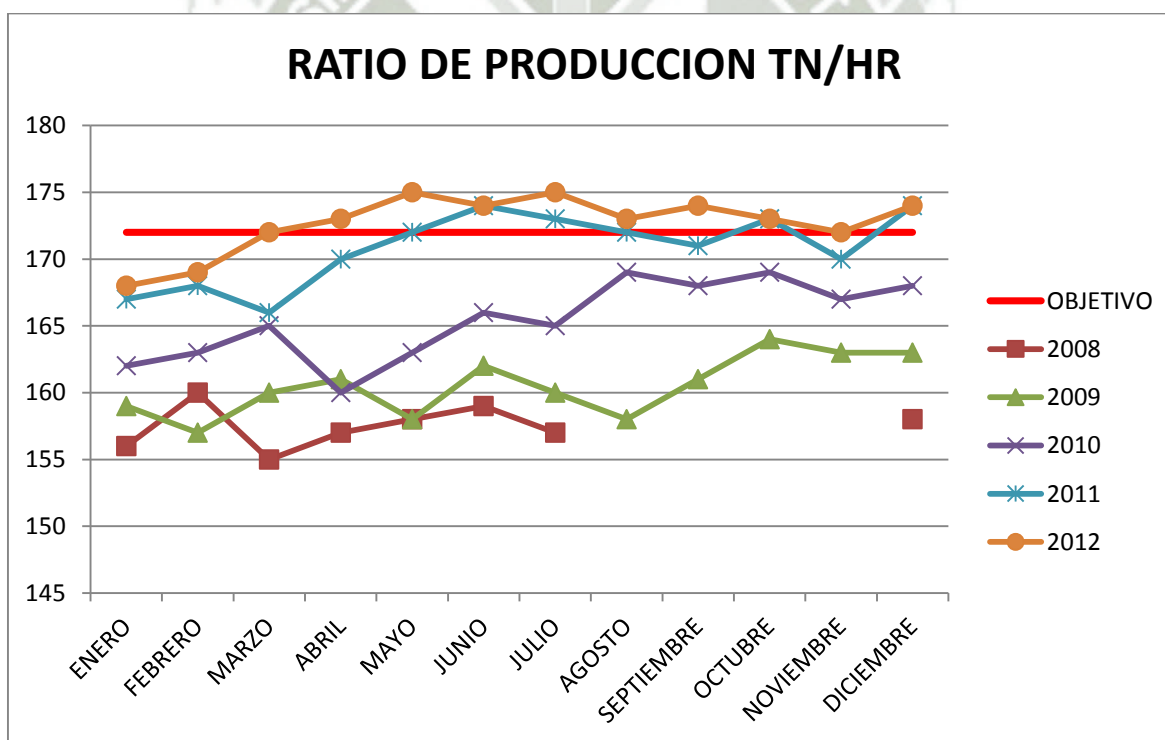
A partir de Septiembre del 2009 que se empiezan con las modificaciones y mejoras en los equipos del proceso, se nota un incremento en el ratio de producción. Ya en el año 2010 en adelante con ayuda de las gamas de inspección y las capacitaciones que permitieron una operación más estable se observa que el aumento continúa notoriamente hasta llegar al ratio objetivo de 172 TN/Hora el cual permite consecuentemente una reducción para el costo de cemento.

Tabla nº 20: Ratio de producción del año 2008 al 2012.

	OBJETIVO	2008	2009	2010	2011	2012
ENERO	172	156	159	162	167	168
FEBRERO	172	160	157	163	168	169
MARZO	172	155	160	165	166	172
ABRIL	172	157	161	160	170	173
MAYO	172	158	158	163	172	175
JUNIO	172	159	162	166	174	174
JULIO	172	157	160	165	173	175
AGOSTO	172		158	169	172	173
SEPTIEMBRE	172		161	168	171	174
OCTUBRE	172		164	169	173	173
NOVIEMBRE	172		163	167	170	172
DICIEMBRE	172	158	163	168	174	174

Fuente: Yura S.A.

Gráfico nº 11: Ratio de producción 2008 al 2012.



Fuente: Elaboración personal a partir de los datos de la empresa.

## 5.2. Disminución del consumo de energía por tonelada de cemento producido

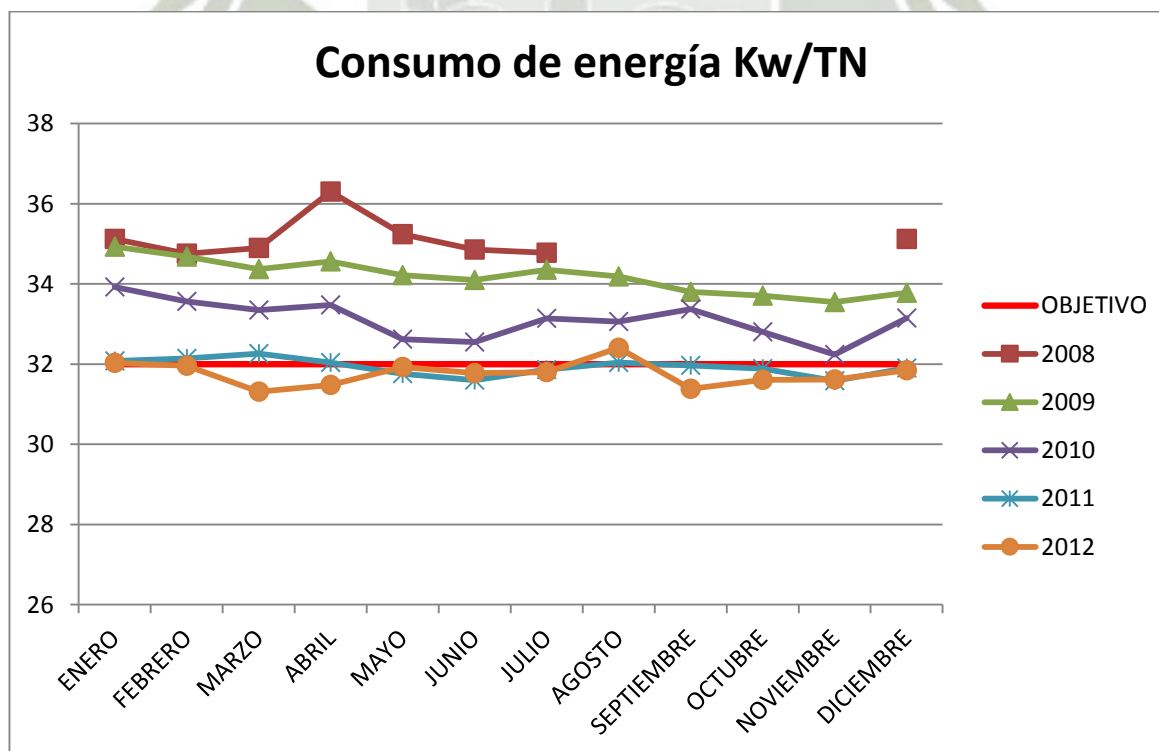
De igual modo a partir de Septiembre del 2009 se empieza a notar una disminución en el consumo de energía, hasta llegar sostenidamente al objetivo de 32 Kilowatts por tonelada el año 2011, lo cual también repercute en un menor costo de producción.

Tabla nº 21: Consumo Kilowatts por tonelada producida del año 2008 al 2012.

	OBJETIVO	2008	2009	2010	2011	2012
ENERO	32	35.12	34.93	33.92	32.08	32.03
FEBRERO	32	34.75	34.68	33.56	32.14	31.96
MARZO	32	34.9	34.37	33.35	32.26	31.31
ABRIL	32	35.09	34.56	33.48	32.04	31.48
MAYO	32	35.24	34.22	32.62	31.72	31.93
JUNIO	32	34.86	34.1	32.55	31.6	31.77
JULIO	32	34.78	34.35	33.14	31.86	31.80
AGOSTO	32		34.19	33.06	32.04	32.40
SEPTIEMBRE	32		33.8	33.38	31.97	31.38
OCTUBRE	32		33.71	32.80	31.89	31.61
NOVIEMBRE	32		33.55	32.24	31.58	31.62
DICIEMBRE	32	35.12	33.78	33.15	31.9	31.85

Fuente: Yura S.A.

Gráfico nº 12: Consumo Kilowatts por tonelada producida del año 2008 al 2012.



Fuente: Elaboración personal a partir de los datos de la empresa.

### 5.3. Disminución de la cantidad de paradas imprevistas del molino

Un objetivo importante para aumentar la productividad del proceso del molino era disminuir el número de paradas de la producción, ya que como se analizó esto afecta directamente en el ratio de producción y en la eficiencia del uso de energía.

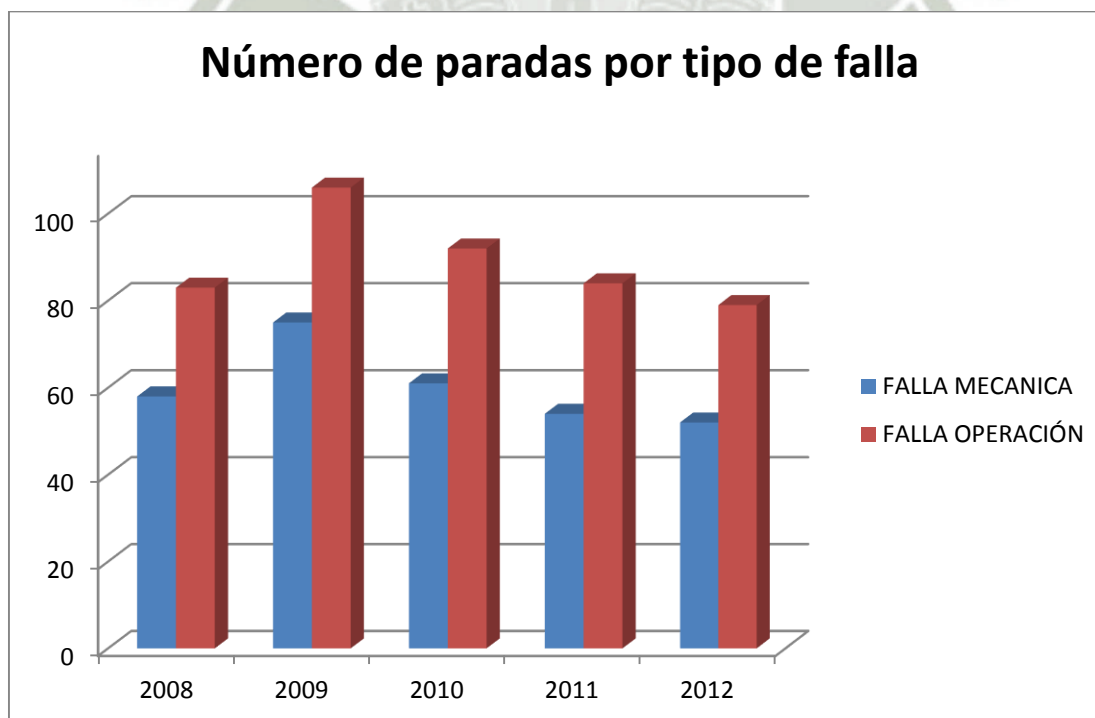
Esto se pudo lograr gracias a las capacitaciones que se dieron a todo el personal involucrado en el proceso y a la implementación de las inspecciones preventivas y predictivas que se hacían a los equipos.

Tabla n° 22: Número de paradas del molino. Año 2008 al 2012.

	NUMERO DE PARADAS	
	FALLA MECANICA	FALLA OPERACIÓN
<b>2008</b>	58	83
<b>2009</b>	75	106
<b>2010</b>	61	92
<b>2011</b>	54	84
<b>2012</b>	52	79

Fuente: Yura S.A.

Gráfico n° 13: Número de paradas del molino. Año 2008 al 2012.



Fuente: Elaboración personal a partir de los datos de la empresa.

#### 5.4. Reducción de costos con las mejoras implementadas

La tabla N° 23 muestra el nivel de costos cuando inicié mi experiencia profesional, enero 2009 y en la que se puede apreciar un costo elevado por tonelada producida.

Tabla n° 23: Costo por tonelada de cemento producido Enero – 2009.

INSUMO	CONSUMO POR TM	COSTO UNITARIO S/.	COSTO POR TM	% DEL COSTO TOTAL
<b>ENERGIA ELECTRICA</b>				
KWH	<b>34.930</b>	0.165	5.763	4.20%
<b>HORAS MAQUINA</b>				
HRS	<b>0.00629</b>	721.920	4.540	3.31%
<b>MANO DE OBRA DIRECTA</b>				
HRS	0.025	23.220	0.576	0.42%
<b>MATERIAS PRIMAS</b>				
CLINKER TM	0.595	188.420	112.110	81.67%
PUZOLANA TM	<b>0.360</b>	3.570	1.285	0.94%
YESO TRITURADO TM	0.045	24.120	1.085	0.79%
<b>OTROS SUMINISTROS</b>				
ADITIVO DE MOLIENDA KG	0.260	3.020	0.785	0.57%
<b>TOTAL GENERAL</b>			<b>126.145</b>	
<b>CARGA FABRIL</b>			11.120	8.10%
<b>COSTO TOTAL S/.</b>			<b>137.265</b>	

Fuente: Yura S.A.

En la tabla siguiente se puede observar un costo menor debido a la mejora en la productividad del proceso de producción, ya que se obtuvo un menor consumo de energía y una mayor eficiencia del molino de cemento.

Tabla n° 24: Costo por tonelada de cemento producido Diciembre – 2012.

INSUMO	CONSUMO POR TM	COSTO UNITARIO S/.	COSTO POR TM	% DEL COSTO TOTAL
<b>ENERGIA ELECTRICA</b>				
KWH	<b>32.610</b>	0.171	5.576	4.06%
<b>HORAS MAQUINA</b>				
HRS	<b>0.00571</b>	718.540	4.106	2.99%
<b>MANO DE OBRA DIRECTA</b>				
HRS	0.025	25.090	0.622	0.45%
<b>MATERIAS PRIMAS</b>				
CLINKER TM	0.555	190.550	105.755	77.04%
PUZOLANA TM	<b>0.400</b>	4.030	1.612	1.17%
YESO TRITURADO TM	0.045	29.360	1.321	0.96%
<b>OTROS SUMINISTROS</b>				
ADITIVO DE MOLIENDA KG	0.260	3.120	0.811	0.59%
<b>TOTAL GENERAL</b>			<b>119.804</b>	
<b>CARGA FABRIL</b>			12.250	8.92%
<b>COSTO TOTAL S/.</b>			<b>132.054</b>	

Fuente: Yura S.A.

Como se ve la disminución en el consumo de energía, la eficiencia en el uso del molino y el mayor consumo de puzolana en la producción del cemento, dieron como resultado una reducción considerable en el costo de producción.

Tabla n° 25: Ahorro en valores monetarios.

INSUMO	COSTO POR TM S/.	COSTO POR TM S/.	DIFERENCIA	
<b>ENERGIA ELECTRICA</b>				
KWH	5.763	5.576	<b>-0.187</b>	
<b>HORAS MAQUINA</b>				
HRS	4.54038	4.106	<b>-0.434</b>	
<b>MANO DE OBRA DIRECTA</b>				
HRS	0.576	0.622	0.046	
<b>MATERIAS PRIMAS</b>				
CLINKER TM	112.110	105.755	<b>-6.355</b>	
PUZOLANA TM	1.285	1.612	0.327	
YESO TRITURADO TM	1.085	1.321	0.236	
<b>OTROS SUMINISTROS</b>				
ADITIVO DE MOLIENDA KG	0.785	0.811	0.026	
<b>TOTAL GENERAL</b>		126.145	119.804	-6.341
<b>CARGA FABRIL</b>		11.120	12.250	1.130
<b>COSTO TOTAL S/.</b>		<b>137.265</b>	<b>132.054</b>	<b>-5.211</b>

Diferencia de costos S/.	S/. 5.211
Producción diario promedio TN	4150
Ahorro Diario S/.	<b>S/. 21,626.68</b>

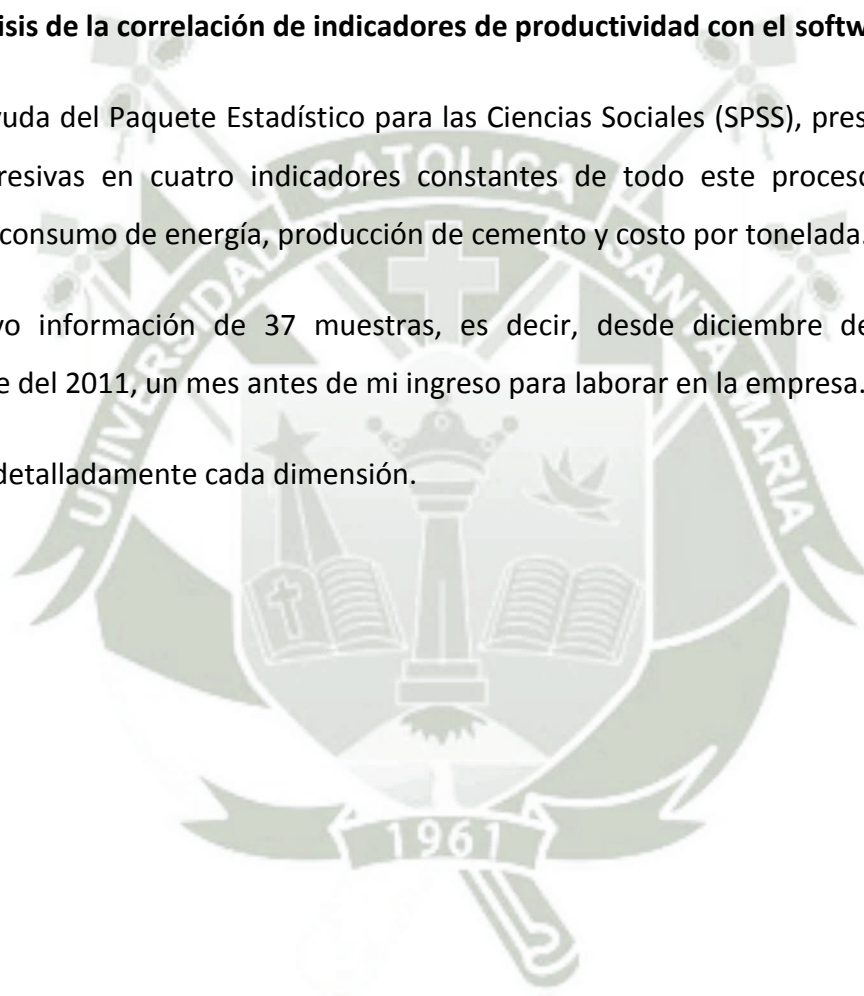
*Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Yura S.A.*

### 5.5. Análisis de la correlación de indicadores de productividad con el software SPSS

Con la ayuda del Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS), presento las cifras más expresivas en cuatro indicadores constantes de todo este proceso: número de paradas, consumo de energía, producción de cemento y costo por tonelada.

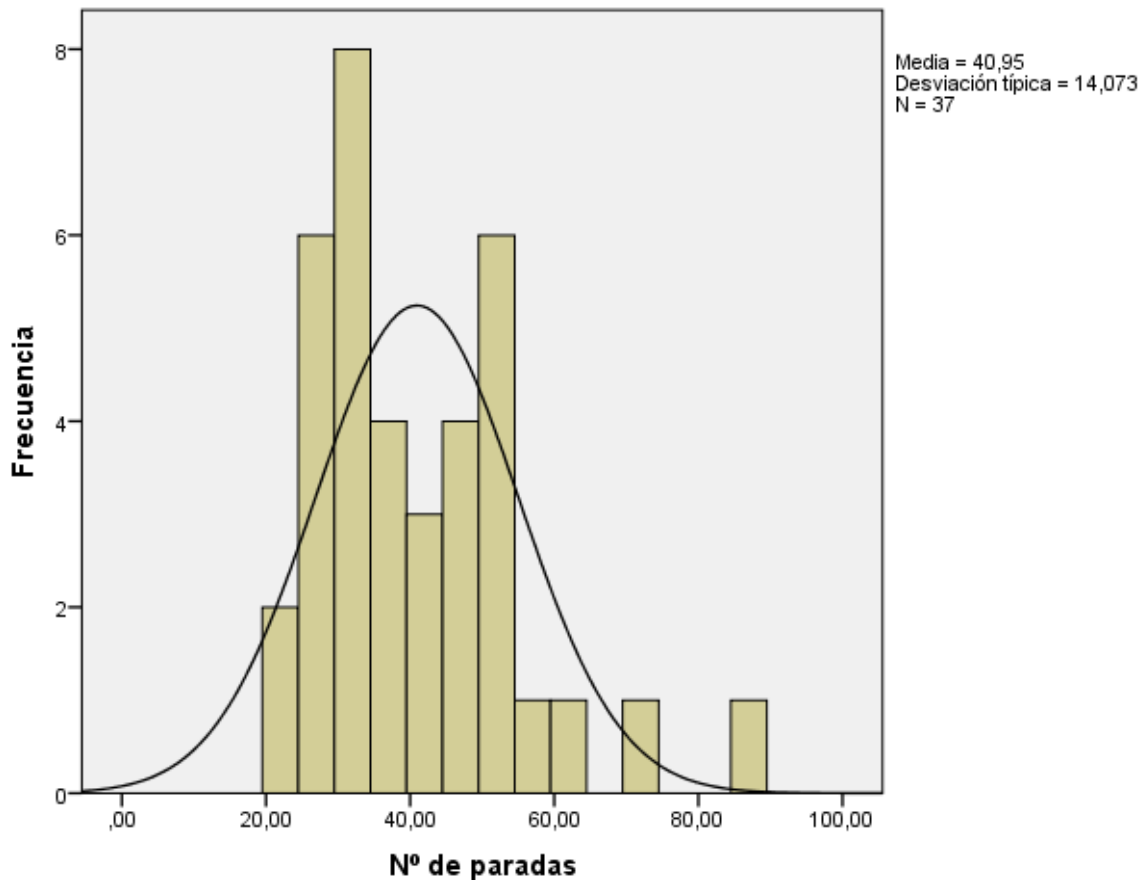
Se obtuvo información de 37 muestras, es decir, desde diciembre del 2008 hasta diciembre del 2011, un mes antes de mi ingreso para laborar en la empresa.

Veamos detalladamente cada dimensión.



### 5.5.1. Número de paradas.

Gráfico n° 14: Número total de paradas.

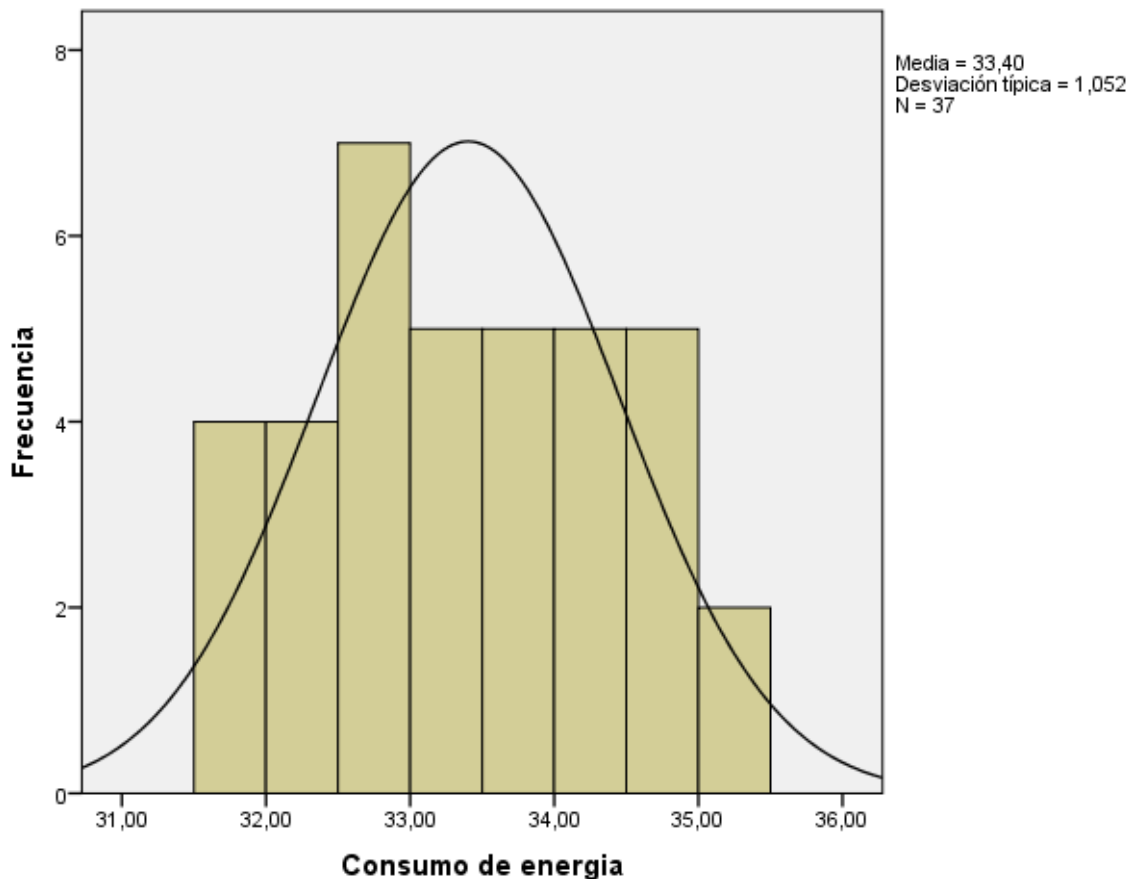


Fuente: Elaboración personal a partir de las frecuencias ofrecidas por la empresa.

El gráfico n° 14 nos presenta las barras de frecuencia acerca del número de paradas. La curva de distribución nos muestra en primer término una asimetría, y un sesgo hacia el lado izquierdo; la misma información es corroborada por la frecuencia de las barras, esto indica que hay un primer período de tiempo de mayor frecuencia de paradas, y un segundo momento con pocas frecuencias de paradas. Confrontando estos datos con la realidad, el lado izquierdo de mayor frecuencia de paradas es el punto inicial de esta experiencia profesional en la empresa, y el segundo momento de menor frecuencia es el tiempo final de este informe.

### 5.5.2. Consumo de energía.

Gráfico n° 15: Nivel de consumo de energía.

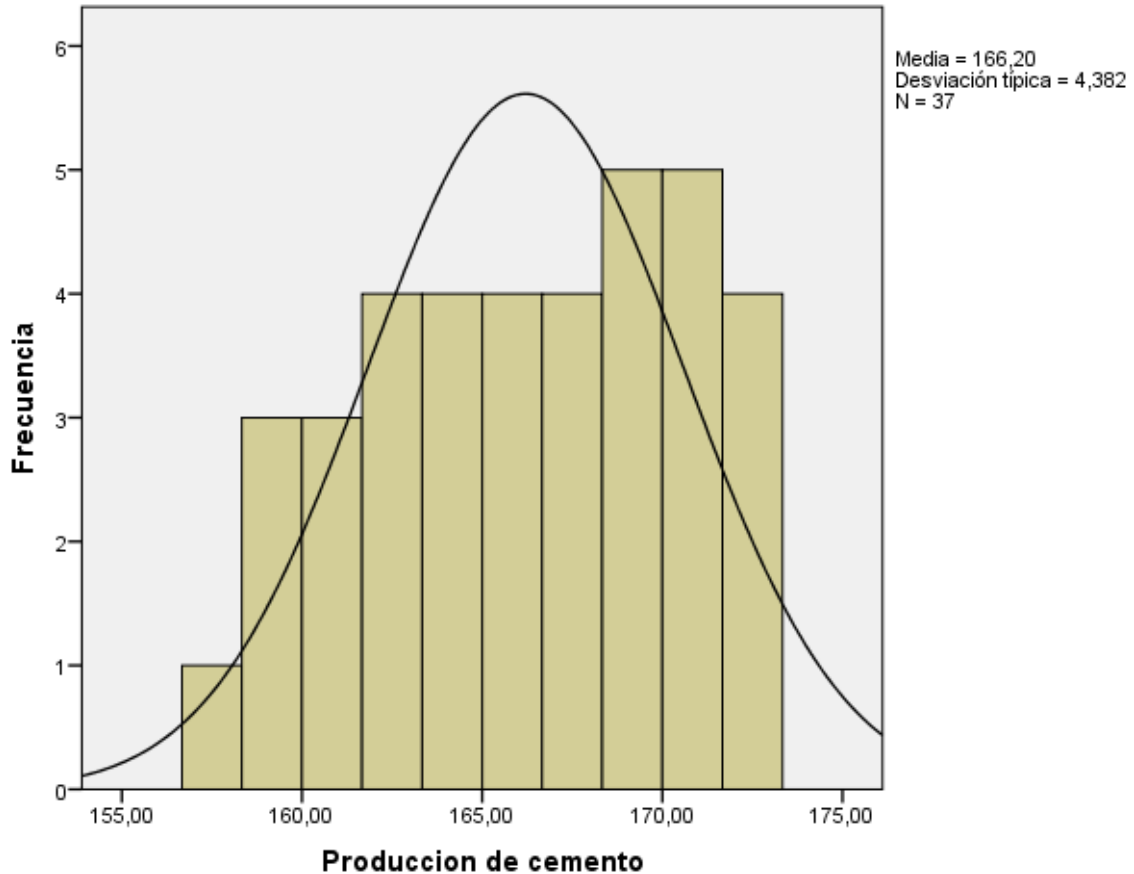


*Fuente: Elaboración personal a partir de las frecuencias ofrecidas por la empresa.*

Aunque la variación no es muy clara, debido a la fluctuación mínima del indicador, el gráfico n° 15 presenta una curva asimétrica, con curva ligeramente sesgada a la izquierda. La interpretación va en la misma lógica del gráfico anterior: el lado izquierdo representa el inicio de esta investigación, con cifras alarmantes de consumo de energía, y el lado derecho es el resultado posterior a la implementación de muchas estrategias de superación en la productividad.

### 5.5.3. Ratio de producción

Gráfico n° 16: Nivel global de producción de cemento.

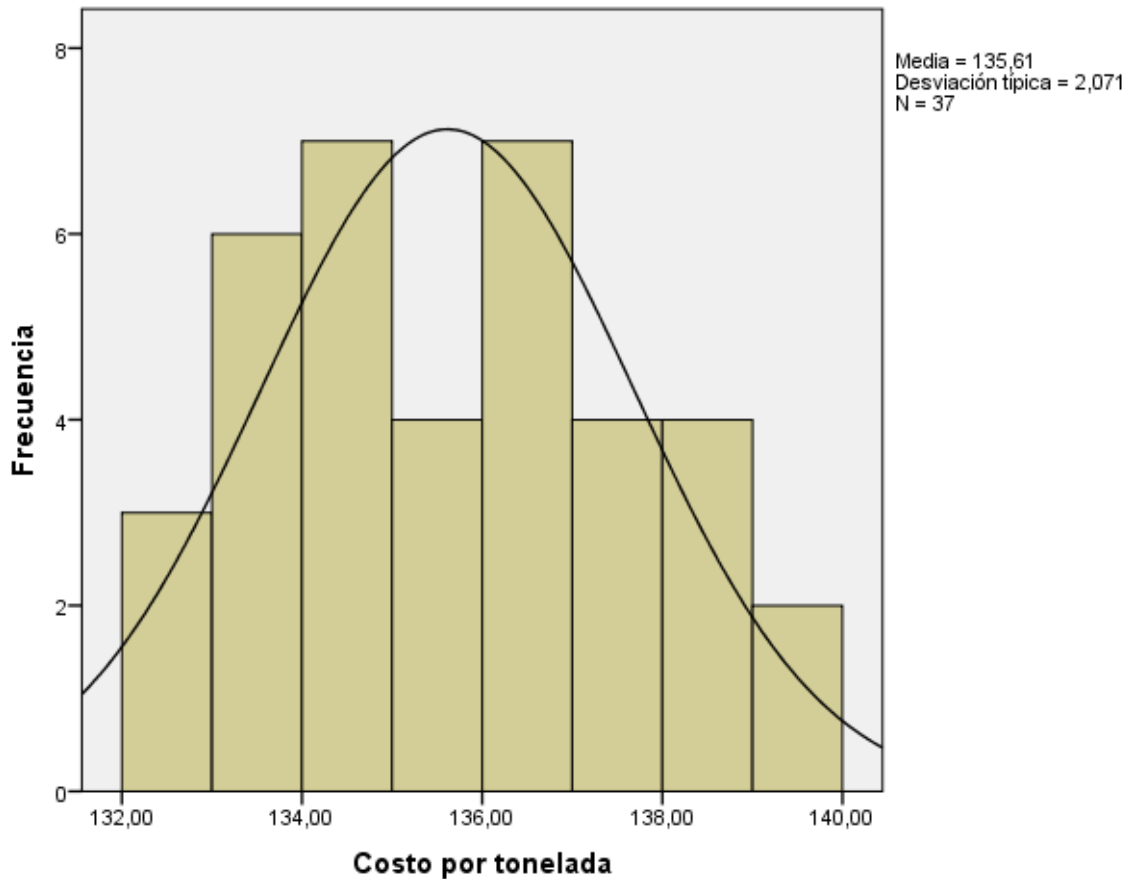


Fuente: Elaboración personal a partir de las frecuencias ofrecidas por la empresa.

El gráfico n° 16 expresa claramente una curva asimétrica hacia la derecha, es decir los datos más representativos están hacia la derecha, en el período final de este informe. La implementación de capacitaciones de personal, mejoras en los equipos del proceso y la disminución en la cantidad de paradas de la producción ha traído como consecuencia mayor productividad para la empresa. Cabe precisar que la última barra de la derecha indica un cierto declive o baja en la producción, esto debe ser motivo de análisis por los respectivos responsables de la producción.

#### 5.5.4. Costo por tonelada

Gráfico n° 17: Niveles de costo por tonelada.



Fuente: Elaboración personal a partir de las frecuencias ofrecidas por la empresa.

Tanto para la empresa, no sólo importa ofrecer un producto de calidad, sino también a un costo competitivo. El gráfico n° 17 presenta que el costo por tonelada ha tenido altibajos considerables, pero la parte más sólida y notoria se da al inicio de este proceso, en el sector izquierdo del gráfico. La curva asimétrica con libertad hacia la derecha nos indica que el costo por tonelada ha mejorado en la última etapa, no sólo como un resultado aislado, sino como una constante. Es decir, se ha logrado mayor productividad en todas las dimensiones.

### 5.5.5. Correlaciones de indicadores

Tabla nº 26: Correlación de Pearson entre indicadores de productividad.

		Nº de paradas	Consumo de energía	Producción de cemento	Costo por tonelada
Nº de paradas	Correlación de Pearson	1	,770**	-,791**	,776**
	Sig. (bilateral)		,000	,000	,000
	N	37	37	37	37
Consumo de energía	Correlación de Pearson	,770**	1	-,996**	,994**
	Sig. (bilateral)	,000		,000	,000
	N	37	37	37	37
Producción de cemento	Correlación de Pearson	-,791**	-,996**	1	-,996**
	Sig. (bilateral)	,000	,000		,000
	N	37	37	37	37
Costo por tonelada	Correlación de Pearson	,776**	,994**	-,996**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	
	N	37	37	37	37

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración personal a partir de las frecuencias ofrecidas por la empresa.

Según la tabla nº 26 se puede apreciar las correlaciones entre los diversos indicadores. Los datos hallados de las diversas frecuencias, indican que:

- Hay alta correlación positiva entre número de paradas y consumo de energía eléctrica. Es decir, a mayor número de paradas, hay mayor consumo de energía.
- Hay correlación negativa entre número de paradas y la producción de cemento. Es decir, a mayor número de paradas hay un menor ratio de producción de cemento.
- Hay correlación positiva entre el número de paradas y el costo de cemento por tonelada. Es decir, a mayor número de paradas, el costo es mayor.

- El resultado de esta investigación arroja una correlación alta, una correlación significativa al 0.01, es decir, una correlación al 99%, una correlación casi perfecta.

En síntesis, se ha encontrado alta correlación mediante este estudio minucioso y el apoyo del Paquete Estadístico de Ciencias Sociales (SPSS). De esta manera podemos comprobar lo expuesto en este trabajo informe y su importancia para la productividad.



## CONCLUSIONES

### PRIMERO:

Durante mi experiencia laboral en la empresa pude integrar los conocimientos de Ingeniería Industrial adquiridos en la universidad con las funciones que se me delegaron y así afianzar los conocimientos teóricos y la parte práctica, con ello pude desarrollarme en un ambiente laboral competitivo, comunicarme efectivamente con los demás colaboradores de la empresa y fundamentalmente trabajar en equipo para así lograr los objetivos planteados por la empresa.

### SEGUNDO:

Las herramientas aprendidas en la universidad como el diagrama causa-efecto y el diagrama de Pareto, llevados a la práctica real en la empresa fueron la base para identificar las causas principales de la baja productividad del proceso de molienda de cemento. Esto permitió al equipo de trabajo centrar nuestra atención en formular soluciones concretas que minimicen el impacto en el proceso de producción.

### TERCERO:

La operatividad del proceso productivo depende directamente de las condiciones en las que se encuentren los equipos que intervienen en él, por lo tanto cabe resaltar que las gamas de inspección de mantenimiento predictivo y preventivo ayudaron a minimizar de sobremanera las paradas del molino, lo cual tuvo como resultado una mayor utilización de los equipos y una mayor productividad.

### CUARTO:

Las mejoras y optimizaciones realizadas tanto al proceso como a los equipos, la disminución de paradas del proceso; tuvieron como resultado un mayor ratio de producción, cumpliendo así uno de los objetivos de la empresa que era aumentar la producción del molino, lo que lleva a su vez elevar su productividad y disminuir el costo de cemento.

**QUINTO:**

El análisis de las correlaciones indica que en la empresa Yura S.A. se debe hacer seguimiento con especial cuidado a los indicadores de 'número de paradas', 'consumo de energía', 'ratio de producción', y 'costo por tonelada', ya que cualquier descuido podría afectar directamente en la productividad.



## RECOMENDACIONES

### PRIMERO:

En algunas oportunidades no se ha cumplido con la ejecución del programa de inspecciones, por falta de tiempo de los inspectores mecánicos que tienen que ver equipos de otros procesos productivos o por falta de seguimiento de los planificadores de mantenimiento.

La empresa debe analizar la posibilidad de contratar más personal con el objetivo de que las inspecciones se cumplan o encontrar alguna otra solución que garantice dicho cumplimiento, ya que por mi experiencia laboral éstas han sido de gran utilidad para prevenir fallas críticas en el proceso de producción y como lo mencioné en el presente informe el evitar paradas imprevistas por fallas aumenta la productividad del molino.

### SEGUNDO:

Las capacitaciones en el año 2012 se dejaron de lado, a pesar de que muchas veces se han solicitado sobre todo para los obreros que intervienen en el proceso de molienda de cemento. La mano de obra que se encuentra en campo también es de vital importancia y apoyo para la identificación de problemas en los equipos, pues constantemente están en contacto con ellos. Por lo que la empresa debe seguir capacitándolos en temas mecánicos, eléctricos y dotarlos de herramientas para que puedan atender fallas menores que no necesiten la intervención de personal especializado, así se ahorraría tiempo para atender algunos problemas.

Estas capacitaciones a su vez mejoran la identificación del personal hacia la empresa.

### TERCERO:

Si bien es cierto el proceso ha mejorado bastante con lo implementado durante la experiencia laboral, se debe continuar realizando el diagrama causa-efecto, así como el análisis de Pareto constantemente y cada vez que se requiera tanto para el proceso de

cemento como para otros procesos de la planta, ya que son herramientas importantes para la Mejora Continua, y vitales para continuar siendo competitivos en el mercado.

De igual modo el seguimiento de los indicadores de productividad debe ser constante y comunicar los resultados al personal involucrado para que ellos se vean identificados con las funciones importantes que realizan para tener una empresa rentable.

#### **CUARTO:**

Con la creciente demanda de cemento en la región sur y en todo el Perú, la producción de Yura S.A. no puede depender vitalmente de un molino vertical, a pesar de que éste ha aumentado bastante su producción gracias a las mejoras implementadas. Ante una falla crítica del molino la empresa se vería seriamente afectada ya que no podría abastecer a la región sur con sus molinos restantes (5 molinos de bolas).

Es por ello que recomendaría que la empresa adquiriera un molino vertical de cemento que apoye las operaciones de Yura S.A. y no dependa tanto de un molino lo cual es crítico. Y por otro lado al tener otro molino vertical, que es más eficiente, éste reemplazaría la producción de los molinos de bolas, consiguiendo así un menor costo de producción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### A) REFERENCIA DE LIBROS

Zandin, Kjell B. (2005). **Maynard Manual del Ingeniero Industrial**. Quinta edición. Editorial McGraw-Hill. México, 2005.

Elizondo, Ronald Leandro (2007). **Mejoramiento de la productividad a través de la administración participativa**. TEC Empresarial. Volúmen 1. Ed. 4.

Mejía Mejía, Elías (2005). **Metodología de la Investigación Científica**. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. ISBN 9972-46-285-4. Lima, Perú.

Reaño, Martín (2011). **EVA Gerencia basada en el valor**. Primera edición. Grupo Editorial Mesa Redonda S.A.C. Lima, Perú 2011.

Heizer, Jay; Render, Barry (2007). **Dirección de la producción y de operaciones**. Octava edición. Grupo Pearson Education. Madrid, 2007.

### B) REFERENCIAS DE INTERNET

ActionGroupEducation&Consulting (s/f). **Diagrama de causa y efecto**. Córdoba, Argentina. Consultado en: <http://www.actiongroup.com.ar/download/ishikawa.pdf>

Banco Interamericano de Desarrollo (BID 2010). **La era de la productividad. Cómo transformar las economías desde sus cimientos**. Carmen Pagés, Editora. ISBN 978-1-59782-119-3. Consultado en: [http://www.iadb.org/research/dia/2010/files/dia\\_2010\\_spanish.pdf](http://www.iadb.org/research/dia/2010/files/dia_2010_spanish.pdf)

Bussiness Solutions, Consulting Group (2011). **Productividad**. Argentina. Consultado en: <http://www.bscgla.com/04.%20Educacion/00010.%20Productividad/Productividad.pdf>

Monografías.com (s/f). **Características e historia del cemento**. Consultado en:  
<http://www.monografias.com/trabajos94/caracteristicas-historia-del-cemento/caracteristicas-historia-del-cemento.shtml>

Del Águila P., Gisela (2012). **Fundamentos de clasificación de riesgo, Yura S.A.** Class y Asociados S.A. Consultado en: <http://www.classrating.com/Yura.PDF>

**Diagrama de Ishikawa.** Consultado en:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama\\_de\\_Ishikawa](http://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Ishikawa)

Grupo Gloria. **Yura s.a.** Consultado en: <http://www.grupogloria.com/yura.html>

Grupo Gloria. **Yura s.a.** Consultado en: <http://www.yura.com.pe/>

Jiménez Prager, Julián; Paredes Mesa, Carlos (2010). **Factores que intervienen en el nivel de productividad de la Empresa Dypers.** Consultado en:  
[http://bibliotecadigital.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/bitstream/item/5365/1/factores\\_intervienen\\_productividad.pdf](http://bibliotecadigital.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/item/5365/1/factores_intervienen_productividad.pdf)

Martínez de Ita, María Eugenia (2009). **El concepto de productividad en el análisis económico.** Consultado en: <http://www.critica-azcapotzalco.org/AECA/promotores/archivo%20laboral/eugenia1.pdf>

Mertens, Leonard (1999). **La medición de la productividad como referente de la formación-capacitación articulada con el aprendizaje organizacional: una propuesta metodológica.** México. Consultado en:  
[http://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/edit/docref/medicion\\_capacitacion.pdf](http://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/edit/docref/medicion_capacitacion.pdf)

Municipalidad Distrital de Yura. **Historia y creación.** Consultado en:  
<http://www.muniyura.gob.pe/historia.html>

Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2012). **Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo y la cohesión social.** Programa

Iberoamericano en la década de los bicentenarios. ISBN: 978-84-7666-240-3.

Consultado en: <http://www.ricyt.org/files/cienciatecnoinnova.pdf>

Rojas Cruz, María Cristina (2012). **Mantenimiento industrial: vital para la competitividad.**

En: Ciurlo, Fabrizio. **Technical Sales Manager LatinAmerica.** Ekamant Colombia.

División Técnica. Consultado en: [http://www.revista-mm.com/ediciones/rev58/administracion\\_manten.pdf](http://www.revista-mm.com/ediciones/rev58/administracion_manten.pdf)

Universidad de Vigo (s/f). **El diagrama de causa-efecto.** Escuela técnico superior de ingenieros industriales. Consultado en:

<http://gio.uvigo.es/asignaturas/gestioncalidad/GCal0405.DiagramaCausaEfecto.pdf>

Velásquez de Naime, Yngrid; Núñez Botini, Miguel; Rodríguez Monroy, Carlos (2010).


**Estrategias para el mejoramiento de la productividad.** Eight Latin American AndCaribbean Conference for Engineering and Technology: Innovation and Development for the Americas. Consultado en: [http://www.laccei.org/LACCEI2010-Peru/published/PM050\\_Velasquez.pdf](http://www.laccei.org/LACCEI2010-Peru/published/PM050_Velasquez.pdf)

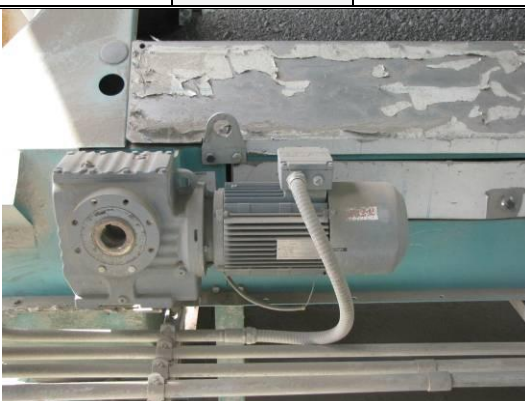


# **ANEXO 1:**


# **GAMAS DE INSPECCIÓN DEL MOLINO VERTICAL DE CEMENTO**




	<b>GAMA DE MANTENIMIENTO MECANICO</b>				Fecha	01/03/2010
	Balanza Dosificadora de Clinker – Schenck L3-2102-3				Rev.	0
					Página 1 de 2	

REDUCTOR CAMBIAR ACEITE DEL REDUCTOR							COD. GAMA	
							ES_LUB_3302	
<b>EQUIPO:</b>	L3-2102-3	<b>SISTEMA:</b>	Transmisión	<b>COMPONENTE:</b>	Reductor	<b>TIEMPO:</b>	2.00 hrs.	
<b>TIPO MTTO:</b>	MPV	<b>DISCIPLINA:</b>	LUB	<b>ESTADO:</b>	P	<b>N° INSP/EJEC:</b>	1	
<b>Equipo</b>	<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cód. SAP</b>	<b>Cant</b>	<b>Un</b>			
		No aplica						
<b>Herram.</b>	<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cód. SAP</b>	<b>Cant</b>	<b>Un</b>			
	01	Llaves mixtas		1	Jgo.			
	02	Bandeja de contención y balde		1	Und.			
<b>Material</b>	<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cód. SAP</b>	<b>Cant</b>	<b>Un</b>			
	01	Trapo Industrial		0.25	Kg.			
	02	Aceite Mobil Gear 600 XP 680		0.75	Gal.			
	03	Solvente Mobil		0.25	Gal.			

#### Desarrollo de gama:

	<p><b>PRECAUCION:</b> Asegurarse que la balanza dosificadora este desconectada de la red eléctrica y bloquearla ante una posible conexión involuntaria.</p> <p>Peligro de sufrir quemaduras o lesiones severas, por el reductor caliente o por el aceite caliente, evitar el contacto directo con el reductor y el aceite.</p> <p>Dejar enfriar el reductor antes de comenzar los trabajos, sin embargo, el reductor debe seguir caliente; de lo contrario, la falta de fluidez debido a un aceite excesivamente frío puede dificultar el vaciado; cuando el aceite esté caliente, el drenaje será más completo.</p>
--	--

- a) Limpiar, con trapo, reductor externamente principalmente los tapones.
- b) Ubicar y determinar la posición del tapón de drenaje de aceite, del tapón de nivel de aceite y del tapón de salida de gases, ver figura 1.
- c) Colocar una bandeja de contención ó recipiente debajo del tapón de drenaje del reductor, en la zona de drenaje, para recibir el aceite usado.
- d) Retirar los tapones roscados, primero el tapón de aireación de aceite, luego el tapón de nivel y por último el tapón de drenaje de aceite.
- e) Aflojar y retirar lentamente el tapón de drenaje ubicados en la parte inferior del reductor, con llave adecuada (Allen).
- f) Drenar aceite utilizado hasta vaciarlo por completo, evitar derrames de aceite.

	<p><b>NOTA</b></p> <p>Cualquier posible derrame de aceite debe ser limpiado, se debe echar aserrín ó con trapos absorber hasta eliminar el aceite derramado, luego desecharlos en su contenedor respectivo (cilindro de color rojo).</p> <p>En algunas ocasiones se recomienda enjuagar el reductor con un solvente, aproximadamente 0.25 galones, luego con aceite limpio hasta verificar que toda la suciedad del tanque haya sido retirada.</p>
---	--

- g) Colocar tapón de drenaje.
- h) Introduzca por el orificio de aireación aceite nuevo del mismo tipo, llenar aceite hasta su nivel indicado por el fabricante, evitando derrames.

**TIPO DE ACEITE:** Aceite Mobil Gear 600 XP 680

**CANTIDAD:** 0.75 galones.

- i) Colocar el tapón de nivel de aceite y el tapón de salida de gases.
- j) Reconectar la balanza de la red eléctrica.
- k) Arrancar la balanza dosificadora y verificar nuevamente el nivel de aceite, descartar fugas de aceite por los tapones.
- l) Limpiar área de trabajo con trapos y desecharlos en su contenedor respectivo (cilindro de color rojo).



## GAMA DE MANTENIMIENTO MECANICO

Fecha 01/03/2010

Rev. 0

Balanza Dosificadora de Clinker – Schenck L3-2102-3

Página 2 de 2

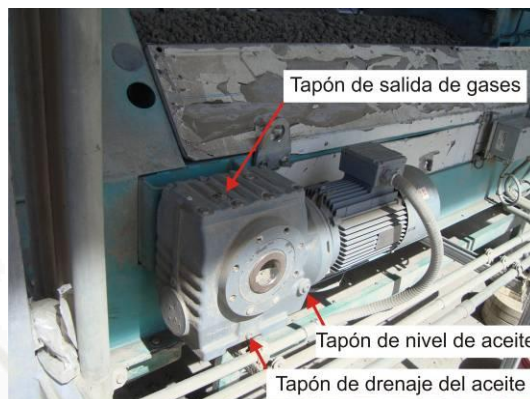


Fig. 1 Ubicación de tapones en el reductor



# GAMA DE MANTENIMIENTO MECANICO

Fecha 01/03/2010

Rev. 0

Balanza Dosificadora de Mezcla – Schenck L3-2110

Página 1 de 2

FAJA TRANSPORTADORA							COD. GAMA	
VERIFICAR ALINEAMIENTO, REVISAR ESTADO DE LONA Y UNIÓN DE FAJA TRANSPORTADORA							ES_MEC_3334	
EQUIPO:	L3-2110	SISTEMA:	Transporte	COMPONENTE:	Faja Transportadora	TIEMPO:	0.7 hrs.	
TIPO MTTO:	INP	DISCIPLINA:	MEC	ESTADO:	M	N° INSP/EJEC:	1	
Equipo	Ítem	Descripción	Cód. SAP	Cant	Un			
		No aplica						
Herram.	Ítem	Descripción	Cód. SAP	Cant	Un			
		No aplica						
Material	Ítem	Descripción	Cód. SAP	Cant	Un			
	01	Trapo Industrial		0.1	Kg.			

## Desarrollo de gama:

### VERIFICAR ALINEAMIENTO DE FAJA TRANSPORTADORA

- Inspeccionar ubicación de la faja transportadora en la polea de cola, por los orificios de inspección, ver figura 1
- La faja tiene que estar centrada en la polea de cola, debiendo existir espacios libres similares.
- Inspeccionar la faja transportadora en la polea motriz, por los orificios de inspección, ver figura 2
- La faja tiene que estar centrada en la polea motriz debiendo existir espacios libres similares.
- Los espacios libres en la polea de cola y la polea motriz deben ser similares, ver figura 3



De encontrarse una variación apreciable en los espacios libres, desalineamiento angular o paralelo, reportar a mantenimiento para alinear la faja por la polea de cola y tensar la faja con los tornillos tensadores que presenta a ambos extremos de la polea de cola.



Fig. 1 Orificios de inspección en polea de cola



Fig. 2 Orificios de inspección en la polea motriz

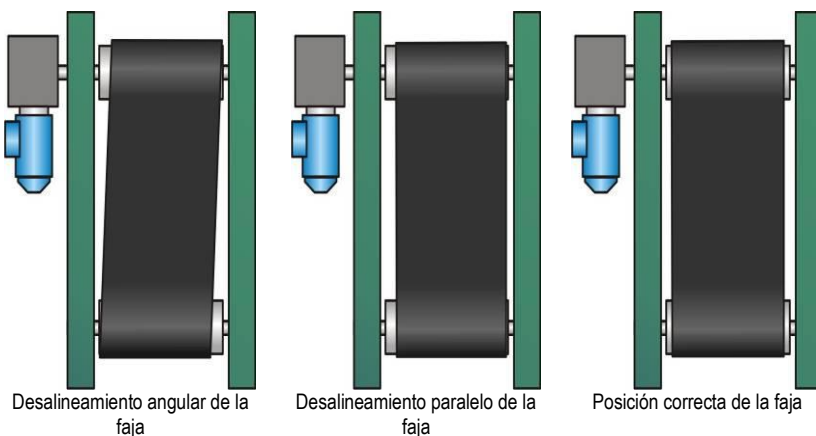


Fig. 3 Espacios libres en extremos de polea motriz y polea de cola



## GAMA DE MANTENIMIENTO MECANICO

Fecha 01/03/2010

Rev. 0

Balanza Dosificadora de Mezcla – Schenck L3-2110

Página 2 de 2

### VERIFICAR UNIÓN DE FAJA TRANSPORTADORA

- Ubicar unión de faja transportadora, ver figura 3, observar desde la parte inferior de la balanza
- Inspeccionar visualmente unión de faja, que no presente discontinuidades o fallas de vulcanizado a lo largo del ancho de faja.
- Reportar a mantenimiento el resultado de la inspección.



Fig. 3 Ubicación de unión de faja.

### REVISAR ESTADO DE LONA DE FAJA TRANSPORTADORA

- Inspeccionar lona anterior de faja, (zona de contacto con el material de transporte) desde la polea de cola.
- Observar desde polea de cola, la lona de faja transportadora durante una vuelta entera, posible desgaste, desgarre, desprendimiento de vulcanizado, roturas o daños por impacto de objetos punzo cortantes, ver figura 4
- Reportar a mantenimiento el resultado de la inspección.


#### NOTA




De encontrar alguna falla o anomalía, reportar inmediatamente a supervisor para tomar medidas correctivas de reparación o para programar su cambio




Fig. 4 Revisión lona de faja lado posterior en polea de cola


	<b>GAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO</b>		Fecha	19/05/2010
	Elevador de Cangilones L3-2014		Rev.	0
			Página 1 de 1	

CANGILONES INSPECCIONAR ESTADO CANGILONES Y PERNOS DE SUJECIÓN							COD. GAMA	
							ES_MEC_3711	
<b>EQUIPO:</b>	L3-2014	<b>SISTEMA:</b>	Cangilones	<b>COMPONENT:</b>	Cangilones	<b>TIEMPO:</b>	3.0 hrs	
<b>TIPO MTTO:</b>	INP	<b>DISCIPLINA:</b>	MEC	<b>ESTADO:</b>	P	<b>N° INSP/EJEC:</b>	3	
<b>Equipo</b>	<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cód. SAP</b>	<b>Cant</b>	<b>Un</b>			
		No aplica						
<b>Herram.</b>	<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cód. SAP</b>	<b>Cant</b>	<b>Un</b>			
	01	Espátula		01	Pza.			
	02	Brocha		01	Pza.			
	03	Torquímetro		01	Pza.			
<b>Material</b>	<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cód. SAP</b>	<b>Cant</b>	<b>Un</b>			
	01	Trapo Industrial.		0.25	Kg.			

#### Desarrollo de gama:

<b>NOTA</b> 	Para realizar la inspección de los cangilones de deberá retirar las ventanas de inspección, para tener acceso a los mismos. Para ello se deberá coordinar con ejecución.
--	--

- a) Retirar las ventanas de inspección, para tener acceso a los cangilones.
- b) Limpiar las superficies de contacto entre la cadena y cangilón.

<b>NOTA</b> 	Para la inspección de los cangilones del elevador, se deberá reposicionar el mismo con ayuda del sistema de giro lento.
--	---

- c) Inspeccionar cada uno de los cangilones, viendo el estado de desgaste de planchas, cantoneras, bordes y cordones de soldadura.
- d) Verificar con la ayuda de una llave mixta el correcto ajuste de los tornillos de sujeción a la cadena, informar al ingeniero de predictivo si los pernos necesitan ser retorquedados o cambiados.

Para el retorqueo de los nuevos pernos, se utilizará los torques listados en la tabla 1.

PERNO	TORQUE	
	N.m	ft.lb
M16 (Pernos de sujeción cangilón - cadena.)	210	155

Tabla.1 torque de Pernos de sujeción de cangilones a la cadena.

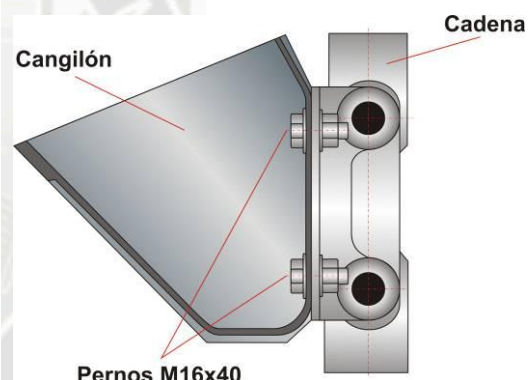






Fig.1 Pernos de sujeción de cangilones a la cadena.

	<b>GAMA DE MANTENIMIENTO MECANICO</b>		Fecha	19/05/2010
	Faja Transportadora L3-2107		Rev.	0
			Página 1 de 2	


TRANSMISIÓN							COD. GAMA	
MONITOREAR VIBRACIÓN GLOBAL EN SISTEMA DE TRANSMISIÓN							ES_MEC_7126	
EQUIPO:	L3-2107	SISTEMA:	Transmisión	COMPONENT:	Transmisión	TIEMPO:	0.10 hrs.	
TIPO MTTO:	MPD	DISCIPLINA:	MEC	ESTADO:	M	N° INSP/EJEC:	1	
Equipo	Ítem	Descripción	Cód. SAP	Cant	Un			
	01	Colector Analizador de Vibraciones		01	Und.			
Herram.	Ítem	Descripción	Cód. SAP	Cant	Un			
Material	Ítem	Descripción	Cód. SAP	Cant	Un			
	01	Trapo industrial		0.25	Kg.			

**Desarrollo de gama:**


	<p><b>PRECAUCION:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar la iluminación óptima para la adquisición de datos y traslado dentro del área.</li> <li>• Mantener una distancia segura de los elementos en movimiento y calientes.</li> </ul>
--	---

	<p><b>NOTA</b></p> <p>La medición de vibración se realizará en condiciones normales de operación.</p>
---	---

- e) Limpiar puntos de medición de vibraciones, empleando una brocha, espátula y trapo industrial.

	<p><b>PRECAUCIÓN:</b></p> <p>Evitar que el cable del acelerómetro tenga contacto con cualquier equipo en movimiento.</p>
---	--

- f) Medir vibración global Motor-Reductor, en puntos identificados en terreno, de 1 al 4. (Ver Figura N°1)
- g) Registrar los valores de vibración obtenidos.
- h) Comparar los niveles de vibración global con los valores de referencia de alerta y peligro listados en tabla. (Ver Tabla N°1)
- i) Analizar los espectros de los puntos que sobrepasen el nivel de vibración de referencia.

	<p><b>NOTA</b></p> <p>Si los niveles de vibración sobrepasan el nivel de vibración de referencia, generar un aviso de inspección según corresponda.</p>
---	---




Accionamiento Faja transportadora L3-2107




Fig.1 Puntos de Medición de Vibración en Motor-Reductor (identificar debidamente en campo)

Vibraciones Globales		Advertencia	Peligro	
1	MOTOR	V	5.25	6.30
		H	5.40	6.48
		A	3.00	3.60
2	MOTOR	V	3.75	4.50
		H	4.35	5.22
		A	2.40	2.88
3	REDUCTOR	V	2.40	2.88
		H	2.25	2.70
		A	1.80	2.16
4	REDUCTOR	V	2.40	2.88
		H	1.65	1.98
		A	0.00	0.00

Tabla N°1. Valores de referencia de vibración global en cada punto en mm/seg rms.

	<b>GAMA DE MANTENIMIENTO MECANICO</b>		Fecha	02/06/2010
	Válvula Rotativa L3-2113		Rev.	0
			Página 1 de 1	

RUEDA INSPECCIÓN EXTERNA DE LA RUEDA CELULAR							COD GAMA	
							ES_MEC_8805	
EQUIPO:	L3-2113	SISTEMA:	Rueda	COMPONENT:	Rueda.	TIEMPO:	0.1 hrs.	
TIPO MTTO:	INP	DISCIPLINA:	MEC	ESTADO:	M	N° INSP/EJEC:	1	
Equipo	Ítem	Descripción	Cód. SAP	Cant	Un			
Herram.	Ítem	Descripción	Cód. SAP	Cant	Un			
Material	Ítem	Descripción	Cód. SAP	Cant	Un			
	01	Trapo Industrial		0.2	Kg.			

#### Desarrollo de gama:



#### PRECAUCION:

Asegurarse que el área alrededor de la rueda celular este despejada para poder transitar sin riesgo.

- j) Inspeccionar visualmente que no existan fugas de material por el cuerpo de la rueda; principalmente por las tapas laterales, ventanas de inspección (Ver Fig. 1) y las 2 cajas de empaquetaduras (Ver Fig. 2).
- k) Inspeccionar que no existan fugas de material en las juntas de los ductos de entrada y salida de la rueda (Ver Fig. 4), observar también que no existan roturas o desprendimientos de las lonas de las juntas
- l) Inspeccionar que no existan fugas de aire en las tuberías de aire del sello de la rueda (Ver Fig. 3).

#### NOTA



Se deben colocar un manómetro en cada tubería de alimentación del aire de sello para verificar que se tiene la presión correcta.

- m) Reportar a Ingeniero de Predictivo en caso de encontrar anomalías



Fig.4 Junta del ducto de salida de la rueda celular.



Fig. 1 Ventanas de Inspección.



Fig. 2 Caja de Empaquetaduras del lado reductor.



Fig. 3 Tubería de Aire de Sello