UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

CÁLCULO DE NIVELES Y PERÍODOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS MOLINOS DE PASTA DE UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE AZULEJOS CERÁMICOS

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

JORGE LUIS RODRÍGUEZ CHUMBIRAY

PROMOCION 2001-I

LIMA – PERU

2011

DEDICATORIA

En memoria de mis abuelos Augusto y Melchora, mis primeros maestros.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso, a mi madre Martha, a mi tío Héctor por impulsarme a la elaboración de la presente investigación y compartir mis proyectos de vida

CONTENIDO

DEDICATORIA.....

AGRADECIMIENTOS..... iii

CONTENIDO..... iv

PROLOGO..... xv

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Reseña de la empresa en estudio..... 1

1.2. Descripción de la realidad problemática..... 2

1.3. Objetivo..... 6

1.4. Justificación e importancia..... 6

1.5. Alcance..... 7

CAPITULO II

SITUACIÓN INICIAL DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN EN LA PLANTA EN ESTUDIO

2.1 Organización de la empresa..... 8

2.2 Proceso de producción..... 9

2.3 Proceso de preparación de la materia prima directa para la planta 1 (molienda húmeda)..... 15

CAPITULO III

HERRAMIENTAS DE CÁLCULO DE NIVELES Y PERÍODOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS MOLINOS ANALIZADOS

3.1. Tipos de mantenimiento aplicados 20

3.1.1. Mantenimiento no planificado..... 21

3.1.2. Mantenimiento planificado..... 25

3.2. Procesos de molienda y cálculo de cargas mecánicas en molinos de tambor discontinuos de pastas y esmaltes cerámicos..... 32

3.2.1. Cálculo de los parámetros de molienda necesarios para hallar las cargas mecánicas del molino típico en estudio..... 36

3.2.2. Cálculo de las cargas mecánicas en los componentes críticos del molino típico en estudio..... 58

3.3. Vida útil teórica de componentes críticos de los molinos estudiados 59

3.3.1. Vida útil de rodamientos..... 59

3.3.2. Vida útil de correas de transmisión..... 63

3.3.3. Vida útil de elementos de freno..... 65

3.3.4. Vida útil de bobinados, núcleos y cables..... 66

3.3.5.Vida útil teórica de elementos eléctricos de cierre y apertura 67

3.4. Análisis estadístico histórico del mantenimiento..... 69

3.4.1. Modelación por distribución normal..... 77

3.4.2. Modelación por distribución log-normal..... 78

3.4.3.Modelación por distribución exponencial... 80

3.4.4. Modelación por distribución weibull..... 82

3.4.5. Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov..... 83

3.4.6. Prueba de bondad de ajuste de Anderson-Darling..... 84

3.5. Costeo de una estrategia de mantenimiento..... 85

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LAS ESTRATEGIAS ACTUALES DE MANTENIMIENTO Y PROPUESTA INICIAL DE NIVELES Y PERIODOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS MOLINOS ANALIZADOS

4.1. Medidas administrativas y consideraciones previas para resolver el problema..... 93

4.2. Propuesta inicial de niveles y periodos de mantenimiento preventivo para los molinos analizados..... 104

4.3. Diseño de la contrastación de la propuesta inicial de niveles y periodos de mantenimiento preventivo para los molinos analizados 105

CAPÍTULO V

CÁLCULO DE NIVELES Y PERÍODOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS MOLINOS EN ESTUDIO

5.1. Cálculos de vida útil de repuestos con falla típica en los molinos 109

5.1.1. Cálculo de fuerzas y torques del material molturante y molido sobre el tambor del molino en movimiento a plena carga..... 109

5.1.2. Cálculo de fuerzas y vida útil de las fajas de la primera transmisión..... 116

5.1.3. Análisis de fuerzas en los planos horizontal y vertical y calculo de vida útil de los rodamientos del tambor..... 123
5.1.4. Cálculo de fuerzas y vida útil de las fajas de la segunda transmisión..... 126
5.1.5. Cálculo de la vida útil de los rodamientos de la primera transmisión..... 133
5.1.6. Cálculo de la vida útil de las fajas de la motorización..... 139
5.1.7. Cálculo de la vida útil de los rodamientos de la segunda transmisión.... 147
5.1.8. Cálculo de la vida útil de los rodamientos del motor principal..... 152
5.1.9. Cálculo de la vida útil de los rodamientos del acoplador hidráulico..... 158
5.1.10. Cálculo de la vida útil de los contactores de fuerza del motor principal y los elementos de protección eléctrica... 165
5.1.11. Estimación de la vida útil de los elementos de freno... 165
5.2. Análisis estadístico del mantenimiento de cada molino..... 166
5.3. Evaluación de la estrategia inicial propuesta en términos de tiempo 208

CAPÍTULO VI

ESTRUCTURA DE COSTOS

5.1. Costos de la implementación de la estrategia final calculada a cargarse como proyecto de inversión..... 212

5.2. Costos de la ejecución de la estrategia final calculada a cargarse como gasto de mantenimiento..... 214

5.3. Presupuesto de la empresa asignado para la mantención de los objetos de estudio 225

5.4. Comparación de los costos de la ejecución de la estrategia final calculada con el presupuesto asignado para la mantención de los objetos de estudio..... 226

5.5. Viabilidad del proyecto de implementación en función al ahorro presupuestario..... 226

CONCLUSIONES 228

RECOMENDACIONES 232

BIBLIOGRAFÍA..... 234

ANEXOS

PLANOS

INDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURA 1.1.: FOTOS DE PRODUCTOS DE CERAMICA SAN LORENZO..... 2

FIGURA 1.2.: SURCOS EN MUÑÓN DE TAMBOR POR FALLA DE RODAMIENTOS 4

FIGURA 1.3.: FUGA DE ACEITE EN ACOPLADOR HIDRÁULICO 4

FIGURA 2.1.: PARTES DE UNA PIEZA TÍPICA FABRICADA EN CERÁMICA SAN LORENZO 9

FIGURA 2.2.: FOTO DE UNA PRENSA FORMADORA DEL SOPORTE..... 10

FIGURA 2.3.: FOTO DE UN SECADERO (AL FONDO SU RESPECTIVA PRENSA) 10

FIGURA 2.4.: FOTO DE UNA LINEA DE ESMALTADO..... 11

FIGURA 2.5.: FOTO DE UN ROBOT CARGADOR DE BOXES Y PRESECADERO... 12

FIGURA 2.6.: FOTO DE UN HORNO..... 13

FIGURA 2.7.: ESQUEMA DE LA PREPARACION DE LA MATERIA PRIMA DIRECTA 14

FIGURA 2.8.: PREPARACION DE LA MEZCLA UNICA..... 16

FIGURA 2.9.: MOLINO DE PASTA..... 17

FIGURA 2.10.: PROCESO DE MOLIENDA Y ATOMIZADO..... 18

FIGURA 3.1.: MANTENIMIENTO REACTIVO EN EL TIEMPO..... 22

FIGURA 3.2.: MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMADO EN EL TIEMPO.... 24

FIGURA 3.3.: MANTENIMIENTO INSPECTIVO EN EL TIEMPO..... 26

FIGURA 3.4.: MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE SUSTITUCION EN EL TIEMPO... 27

FIGURA 3.5.: FORMA DE RIÑÓN DEL MATERIAL A MOLER Y LAS BOLAS CUANDO SE CARGA AL RAS DE LAS BOLAS..... 34

FIGURA 3.6.: ANGULO DE LEVANTAMIENTO α Y MOVIMIENTO DE LOS MEDIOS DE MOLIENDA EN EL TRABAJO..... 38

FIGURA 3.7.: DINAMICA DE UN ELEMENTO MOLTURANTE..... 39

FIGURA 3.8.: VARIACION DEL MOVIMIENTO DE BOLAS A DIFERENTE VELOCIDAD..... 41

FIGURA 3.9.: ALTURA LIBRE DE CARGA MOLTURANTE..... 42

FIGURA 3.10.: ANGULO DE DISTRIBUCION DE CARGA MOLTURANTE..... 42

FIGURA 3.11.: ANGULO DE SOBRELLENADO..... 45

FIGURA 3.12.: DISTANCIAS QUE DEFINEN LA GEOMETRIA DEL SOBRELLENADO Y EL LLENADO EN TRABAJO..... 47

FIGURA 3.13.: CASO CUANDO UN EXTREMO DEL RAS DE BOLAS ESTA POR ENCIMA DEL NIVEL DE SOBRELLENADO EN TRABAJO..... 48

FIGURA 3.14.: PESO DEL LLENADO..... 52

FIGURA 3.15.: DCL DE LA CARGA DE LLENADO CON EFECTO DE SOBRELLENADO..... 54

FIGURA 3.16.: DCL DE LA ESTRUCTURA DEL TAMBOR CONSIDERANDO LLENADO Y SOBRELLENADO..... 55

FIGURA 3.17.: ÁBACOS PARA CALCULAR FACTOR aSKF..... 62

FIGURA 3.18.: υ1..... 62

FIGURA 3.19.: υ..... 62

FIGURA 4.1.: CARPETAS DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO ORDENADAS 94

FIGURA 4.2.: SISTEMA DE CATASTRO DE EQUIPOS..... 97

FIGURA 4.3.: ORDENAMIENTO DIGITAL DE MANUALES DE MAQUINA..... 99

FIGURA 5.1.: FUERZAS Y TORQUES DEL LLENADO Y SOBRELLENADO SOBRE EL TAMBOR..... 110

FIGURA 5.2. GRAFICO DE FUNCIONES F1 Y F2 PARA HALLAR φ° POR BISECCION 113

FIGURA 5.3.: DCL DE LA PRIMERA TRANSMISION..... 116

FIGURA 5.4.: DCL DEL TAMBOR PLANOS X-Z Y Y-X..... 123

FIGURA 5.5.: DCL DE LA SEGUNDA TRANSMISION..... 126

FIGURA 5.6.: DCL DEL EJE PRIMERA TRANSMISION..... 134

FIGURA 5.7.: DCL DE LA TRANSMISION DE MOTORIZACION..... 139

FIGURA 5.8.: DCL DEL EJE DE LA SEGUNDA TRANSMISION..... 147

FIGURA 5.9.: DCL DEL EJE-ROTOR MOTOR HERMANADO CON EL ACOPLADOR HIDRAULICO..... 154

FIGURA 5.10.: DCL DEL EJE-ROTOR MOTOR HERMANADO CON EL ACOPLADOR HIDRAULICO EXCLUYENDO PARTES QUE SE APOYAN EN LOS RODAMIENTOS M Y N DEL ACOPLADOR..... 157

FIGURAS 5.11. AL 5.17: GRAFICOS DE REGRESION PARA OBTENER EL MODELO A) NORMAL B) LOGNORMAL C) WEIBULL d) EXPONENCIAL, Y LOS GRAFICOS R(t), z(t) y m(t) DEL MODELO SELECCIONADO (e) PARA EL MOLINO 1 AL 7 RESPECTIVAMENTE..... 166

INDICE DE TABLAS

TABLA 3.1.: CLASIFICACION DEL MANTENIMIENTO USADO EN EL PRESENTE TRABAJO..... 21

TABLA 3.2.: FACTOR DE CONFIABILIDAD a1..... 61

TABLA 3.3.: FACTOR DE CONTAMINACION DE RODAMIENTOS ηc..... 61

TABLA 3.4.: COEFICIENTES PARA EL CALCULO DE VIDA UTIL SEGÚN MÉTODO GOODYEAR..... 64

TABLA 4.1.: GENEALOGIA DEL MOLINO DE PASTA 1..... 96

TABLA 5.1. ANALISIS DE FUERZAS Y TORQUES EN EL PLANO TRANSVERSAL X-Z ENTRE EL MATERIAL MOLIDO MAS EL MOLTURANTE Y LA ESTRUCTURA DEL TAMBOR DEL MOLINO MTD340..... 111

TABLA 5.2. ITERACIONES DEL MÉTODO DE BISECCION PARA HALLAR $\varphi°$..... 115

TABLA 5.3. CALCULO DE VIDA UTIL DE LAS FAJAS E441 QUE TRACCIONAN EL TAMBOR (METODO MAXIMO ESFUERZO NORMAL)..... 117

TABLA 5.4. ANALISIS DE FUERZAS Y TORQUES TOTALES APLICADOS AL TAMBOR DEL MOLINO MTD340 EN EL PLANO VERTICAL X-Z Y EL PLANO HORIZONTAL X-Y..... 124

TABLA 5.5. CALCULO DE VIDA UTIL DE LOS RODAMIENTOS DEL TAMBOR..... 125

TABLA 5.6.: CALCULO DE VIDA UTIL DE LAS FAJAS 5V2120 QUE TRACCIONAN LA PRIMERA TRANSMISION (METODO GOOD YEAR)..... 127

TABLA 5.7.: CALCULO DE VIDA UTIL DE LOS RODAMIENTOS DE LA PRIMERA TRANSMISION..... 135

TABLA 5.8. CALCULO DE VIDA UTIL DE LAS FAJAS 5V1000 QUE TRACCIONAN LA SEGUNDA TRANSMISIÓN (METODO GOOD YEAR)..... 140

TABLA 5.9.: CALCULO DE VIDA UTIL DE LOS RODAMIENTOS DE LA SEGUNDA TRANSMISION..... 148

TABLA 5.10.: CALCULO DE VIDA UTIL DE LOS RODAMIENTOS DEL MOTOR PRINCIPAL..... 154

TABLA 5.11.: CALCULO DE VIDA UTIL DE LOS RODAMIENTOS DEL ACOPLADOR HIDRAULICO..... 160

TABLA 5.12.: CALCULO DE VIDA UTIL DE LOS CONTACTORES DEL MOTOR PRINCIPAL..... 165

TABLA 5.13.: CALCULO DE VIDA UTIL DE LOS ELEMENTOS DE FRENO..... 165

TABLA 5.14 AL 5.20.: MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO MEDIANTE DISTRIBUCION A) NORMAL B) LOGNORMAL C) WEIBULL D) EXPONENCIAL Y PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE DE LOS MODELOS RESULTANTES (E) EN LOS MOLINOS 1 AL 7 RESPECTIVAMENTE..... 166

TABLA 5.21.: ESTABLECIMIENTO DE PERIODOS DE RECAMBIO PLANIFICADOS 209

TABLA 5.22.: CONSOLIDACION ANALISIS ESTADISTICO..... 210

TABLA 6.1.: COSTEO DE LA PARTE PROYECTIZABLE DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO..... 213

TABLA 6.2.: CALCULO DE LA HORA HOMBRE DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO..... 214

TABLA 6.3.: ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS MOLINOS..... 215

TABLA 6.4.: TOTALIZACION DE LOS COSTOS DE LA ESTRATEGIA..... 224

TABLA 6.5.: RESUMEN PRESUPUESTARIO 2008 225

TABLA 6.6: ANALISIS ECONOMICO DE LA PARTE PROYECTIZABLE DE LA ESTRATEGIA..... 227

INDICE DE ANEXOS

ANEXO I: ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

ANEXO II: INFORMACION CATASTRAL MOLINO DE PASTA

ANEXO III: INSTRUMENTO CONTROL DE JUEGO RADIAL

ANEXO IV: HISTORIAL DE LUBRICACION Y ACEITE

ANEXO V: DIMENSIONES DE POLEAS SACMI

ANEXO VI: HERRAMIENTA DE MONTAJE, DESMONTAJE Y CALIBRACION DE LAS TUERCAS DE LOS MANGUITO DE MONTAJE – RODAMIENTOS DEL TAMBOR – MOLINOS DE PASTA

ANEXO VII: ANALIZADOR DE VIBRACIONES X-VIBER

ANEXO VIII: COMPARADOR DE ACEITES SKF TMEH II

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO I: VISTA EN PLANTA DE LA FABRICA

PLANO II: EJE-POLEA (2° TRANSMIISION)

PLANO III: EJE DEL ACOPLADOR HIDRAULICO

PLANO IV: HISTORIAL DE LOS MOLINOS

PLANO V: DIAGRAMA DE GANTT: ESTRATEGIA INICIAL VS ESTRATEGIA FINAL

PROLOGO

La empresa Cerámica San Lorenzo SAC es una empresa de producción cerámica importante del país, en donde se pretende intervenir, estableciendo niveles y períodos óptimos de mantenimiento preventivo para los siete molinos de pasta con que cuenta, siempre bajo la aplicación de criterios económicos y de factibilidad de cumplimiento que correspondan con fórmulas de vida útil y análisis estadístico histórico de fallos.

El desarrollo del presente trabajo también pretende servir de guía a los profesionales o estudiantes que tienen a su cargo la gestión del mantenimiento de activos de una organización industrial o de una parte de ella para que apliquen criterios técnicos y herramientas administrativas con la debida contrastación científica.

El trabajo ha sido dividido en cinco capítulos, conclusiones, referencias bibliográficas, planos y anexos

En el capítulo 1, se hace una reseña de la empresa donde se enmarca el problema a resolver, se define la problemática, y, se plantean los objetivos de la investigación, su justificación y sus alcances.

En el capítulo 2, se presenta una amplia descripción de la situación inicial de los procesos de fabricación que se siguen en la planta de estudio. Se realiza una descripción de la organización de la empresa, y del proceso de producción extendido.

En el capítulo 3, se presentan las herramientas de cálculo necesarias para el establecimiento de los niveles y periodos del mantenimiento preventivo a plantear para los molinos, tema del presente trabajo. Se expone el cálculo de las cargas mecánicas, la vida útil de los componentes críticos, así como el análisis estadístico del mantenimiento.

En el capítulo 4 se realiza el análisis de las estrategias de mantenimiento que se aplica en la práctica y se plantea la propuesta de solución. Se exponen las primeras iniciativas en busca de solución, las medidas administrativas, actividades operacionales objetivas y subjetivas a cargo del cliente interno. Finalmente se expone la forma en que se comprobará la certidumbre de la propuesta.

En el capítulo 5, se efectúan los cálculos acorde al marco teórico y la metodología planteada para contrastar la propuesta inicial, luego, se interpretan los resultados estableciendo correcciones a tal propuesta si las hubiera.

En el capítulo 6, se presenta la estructura de costos, dividiéndose los desembolsos de la aplicación de la estrategia entre lo que es el proyecto de implementación (un inicio y un fin) y el gasto corriente continuo de mantenimiento (ejecución); comparándose luego, el gasto corriente con el presupuesto asignado a mantenimiento de los molinos en estudio. El ahorro servirá para validar el proyecto de implementación.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones del informe, la bibliografía consultada y los anexos.

CAPITULO I

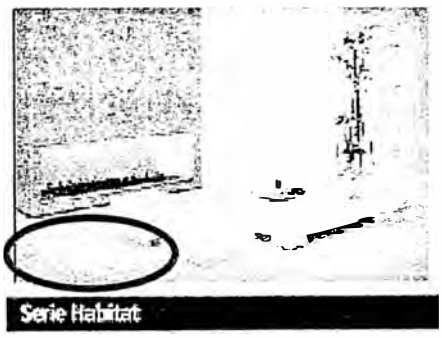
INTRODUCCIÓN

1.1. RESEÑA DE LA EMPRESA EN ESTUDIO

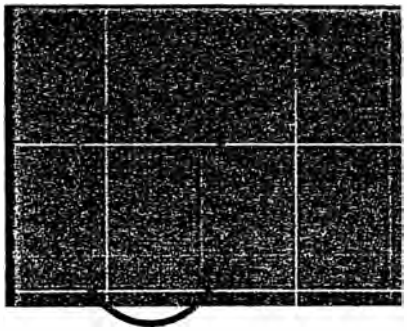
La organización industrial donde se enmarca el problema a resolver es la empresa CERÁMICA SAN LORENZO SOCIEDAD ANÓNIMA CERRADA (CSL) que pertenece al holding trasnacional ETEX GROUP de capitales mayoritarios belgas especializada en el campo de materiales y acabados para la construcción. Fue fundada en 1996 con el objetivo de comercializar líneas de marca SAN LORENZO de azulejos cerámicos importados de las fábricas que el holding tenía operando por muchos años en Argentina y Chile. Habiéndose desarrollado una red de distribución a nivel nacional e incrementándose la demanda del mercado, ETEX GROUP decide en mayo de 1999 iniciar la construcción de un centro fabril en un terreno de domicilio Av. Industrial S/N en Nuevo Lurín de 130000 m2. Esta fábrica produce su primer cocido en julio del 2000 y desde entonces ha tenido un crecimiento sostenido de sus ventas

llegando a exportar al mercado americano al cual el grupo decidió entrar mediante empresas comerciales, lo cual motivó a ejecutar 3 ampliaciones de la planta 1, la instalación de una planta de corte y lístelos y la instalación de la planta 2, todas en el mismo centro fabril. La crisis económica del 2009 produjo una contracción en sus ventas, de la cual se ha venido recuperando. Su producción actual sobrepasa el millón de metros cuadrados. La figura 1.1 muestra unos ejemplos de sus productos en uso en la construcción-decoración.

FIGURA 1.1.: FOTOS DE PRODUCTOS DE CERAMICA SAN LORENZO (6)

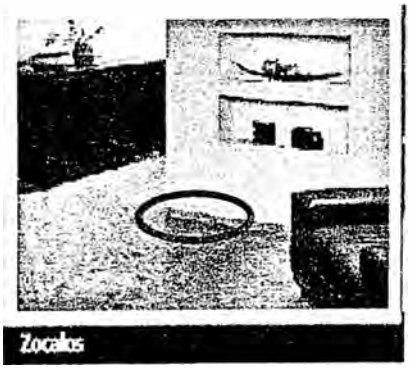


MAYOLICA PARA PISO



MAYOLICA PARA PARED

LISTELO



ZOCALO

1.2. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Al asumir el encargo de la gestión de mantenimiento de la zona de moliendas de esmalte y pasta en enero del año 2007 no se disponía de historiales de actividades de mantenimiento por equipos o sistemas en Excel u

otro tipo de información lógica. Solo había un programa Gantt de lubricaciones sin retroalimentación si se efectuó o no. El almacén de repuestos generaba órdenes de trabajo mensuales para justificar las salidas o entradas de cada centro de costo pero estos no se hacían por trabajo. Tiempo después se implementó las ordenes de trabajo vía el erp one world por cada actividad ejecutada pero el sistema tenía deficiencias de hardware, de licencias, dependía de un servidor ubicado en otro país lo cual lo hacía lento y al ser una versión antigua no mostraba la información en forma práctica para hacer alguna estadística o análisis de datos con fines específicos de establecer un plan de mantenimiento y, en la práctica, se fue empleando solamente para la gestión del almacén y la gestión contable.

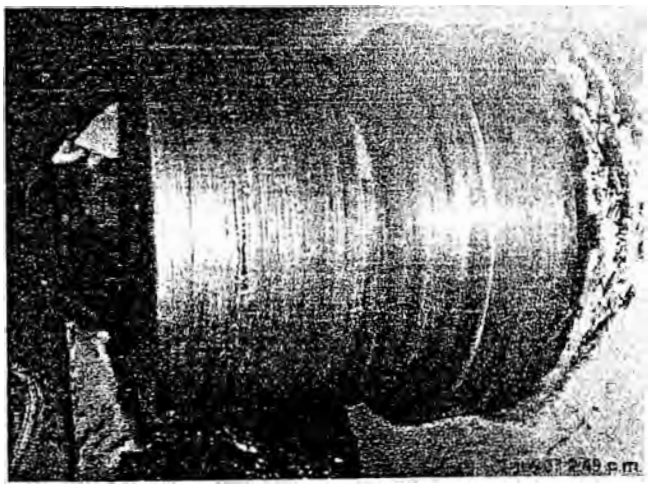
La empresa llamaba inadecuadamente mantenimiento preventivo a las fallas graves que necesitaba de gran cantidad de personas, a las tareas de lubricación e inspección sin desarme o a cumplir las solicitudes de los clientes internos. No se estructuraba tomando en cuenta la filosofía de los tipos de mantenimiento establecidos en los textos. Los catálogos del fabricante de la mayor parte de las máquinas (que tenía convenio con el grupo Etex) solo indicaban programas de inspecciones, sin señalar la vida útil o el período concreto de recambio (4). Estas inspecciones no se ejecutaban a plenitud por la cantidad de trabajos menores y apoyos en las fallas a los supervisores de turno encargados del soporte correctivo y otro tanto en enfoques emotivos de los jefes y supervisores de producción.

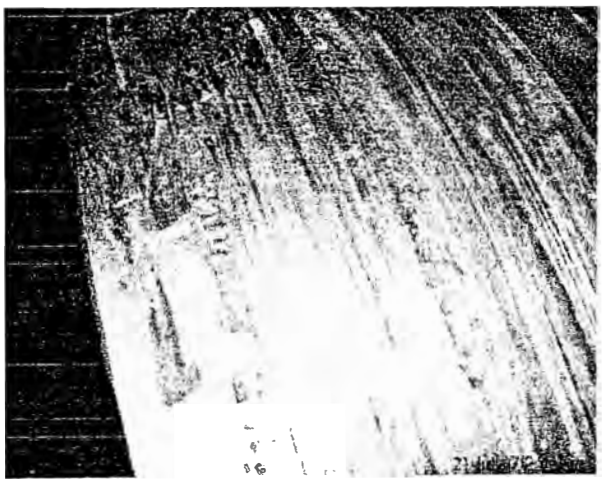
Por otro lado no se disponía de un espacio para que la ingeniería rinda sus frutos ya que no había una política de mantenimiento de la alta dirección salvo el suministro de un servicio a su cliente interno que oriente su plena satisfacción muchas veces así el proceso operativo esté incorrecto. Por parte de mantenimiento no había una manera objetiva de medir dicha satisfacción.

Acorde a la teoría de mantenimiento, el mantenimiento preventivo de sustitución, es decir, el orientado a la sustitución de componentes debe aplicarse a equipos cuya falla no prevista genere un gran impacto en recursos humanos y alto costo de sustitución y de reparación de los demás daños producidos tras la falla del elemento dañado. En este caso se encontraban los molinos de pasta que habían presentado fallas de rodamientos del tambor que ocasionaron daños graves a los muñones o destrozos de acopladores hidráulicos que implicaron tiempos de parada mayores a 6 meses del molino afectado, desembolso de fuertes sumas de dinero no previstas por tratarse de equipos de gran volumen y potencia respecto a los demás existentes en planta y sobrecarga de trabajo pesado al personal descuidando labores menores que originaban observaciones y molestias del cliente interno y la alta dirección además de la molestia por las fallas graves. Si bien estos estaban en paralelo y constituían tiempos operacionales (de carga, molienda, remolienda y descarga) independientes cada uno, si fallaban 2 las balsas hacían vacío lo cual provocaba paradas del atomizador. Esta cifra con el aumento de la capacidad de producción de la planta en el 2008 se redujo a uno y el atomizador se encontró presionado para no cortar la cadena de suministro.

El cliente interno (laboratorio cerámico) y la alta dirección en consenso esperan que mantenimiento les defina plazos de parada de los equipos, es decir, que defina cuanto tiempo se va a demorar y luego de su intervención cuánto tiempo va a durar la reparación para parar nuevamente, y espera más que el costo en sí que se cumpla lo acordado. En el caso específico de los molinos se hicieron intentos de algunos planes basados en criterios técnicos y acuerdos pero hubo casos en que mientras se hacía una intervención a uno de ellos, se producía la falla de otro distorsionando el plan o que faltando algunos días para la parada de uno de ellos se paraba otro y su periodo de reparación obligaba al cliente interno a postergar la entrega del equipo definido por el plan para recuperar su stock.

FIGURA 1.2.: SURCOS EN MUÑÓN DE TAMBOR DE MOLINO POR FALLA DE RODAMIENTO (15)





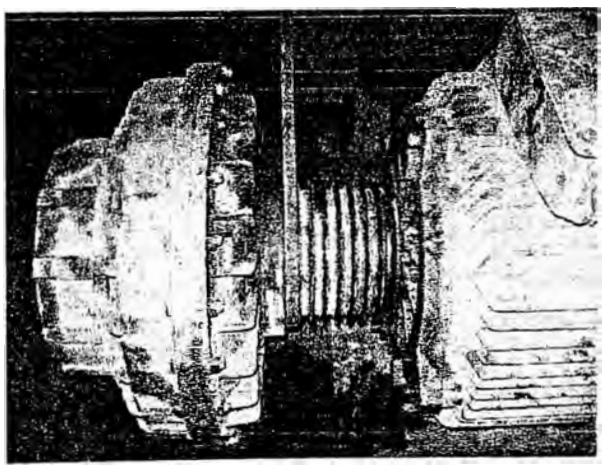


FIGURA 1.3.: FUGA DE ACEITE EN ACOPLADOR HIDRAULICO (15)

Es en este entorno que surge la siguiente problemática:

P: ¿bajo qué niveles y cada qué tiempo se debe hacer mantenimiento preventivo a los molinos de tambor de pasta garantizando que, con una certeza definida cuantitativamente, no van a haber fallas fuera de lo planeado y va a ser económicamente rentable?

1.3. OBJETIVO

Calcular niveles y períodos de mantenimiento preventivo para los siete molinos de pasta pertenecientes a la empresa Cerámica San Lorenzo SAC basado en fórmulas de la vida útil de sus componentes críticos, en un análisis estadístico histórico de sus fallos y en criterios de costos.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Este estudio se justifica porque pretende intervenir, a modo de ensayo, en una empresa importante del país, para que por similitud, se haga extensivo en cuanto a la metodología, a otras empresas incluso de otro rubro de producción. Es así que, se emplean conocimientos de estática, dinámica, resistencia de materiales, cálculo de elementos de máquinas y electricidad propios de la especialidad de Ingeniería Mecánica Eléctrica con fines de mantenimiento y no de diseño, en contraste, con aplicaciones comunes, ya que normalmente una modelación matemática de una máquina seguido del cálculo de cargas sobre componentes críticos y el cálculo con dichas cargas de la vida

útil de los mencionados componentes, se emplea para diseñar una máquina o hacerle mejoras; sin embargo, en el caso del presente estudio dichas herramientas son usadas para calcular periodos de sustitución de tales componentes con la certeza que nos brinda este conocimiento ya contrastado experimentalmente y puesto en libros y manuales. Así mismo, se aplica la estadística para analizar datos históricos de fallos, y la ingeniería de confiabilidad para encontrar con la debida interpretación los períodos de inspección.

Este estudio, en consecuencia, es importante por su aporte tecnológico para la sociedad industrial, y, de forma complementaria por su aporte académico.

1.5. ALCANCE

Este estudio se limita a los componentes críticos de los siete molinos de pasta de la empresa Cerámica San Lorenzo SAC, a saber: apoyos del cuerpo principal, correas de transmisión, poleas de transmisión, apoyos de las transmisiones, acoplador hidráulico, motor eléctrico principal, frenos y circuito de fuerza del motor eléctrico principal (se excluye el motor eléctrico auxiliar de baja velocidad usado en el arranque y en la parada, por razones de disponibilidad de datos y evaluación de criticidad).

CAPITULO II

SITUACION INICÍAL DE LOS PROCESOS DE FABRICACION EN LA PLANTA EN ESTUDIO.

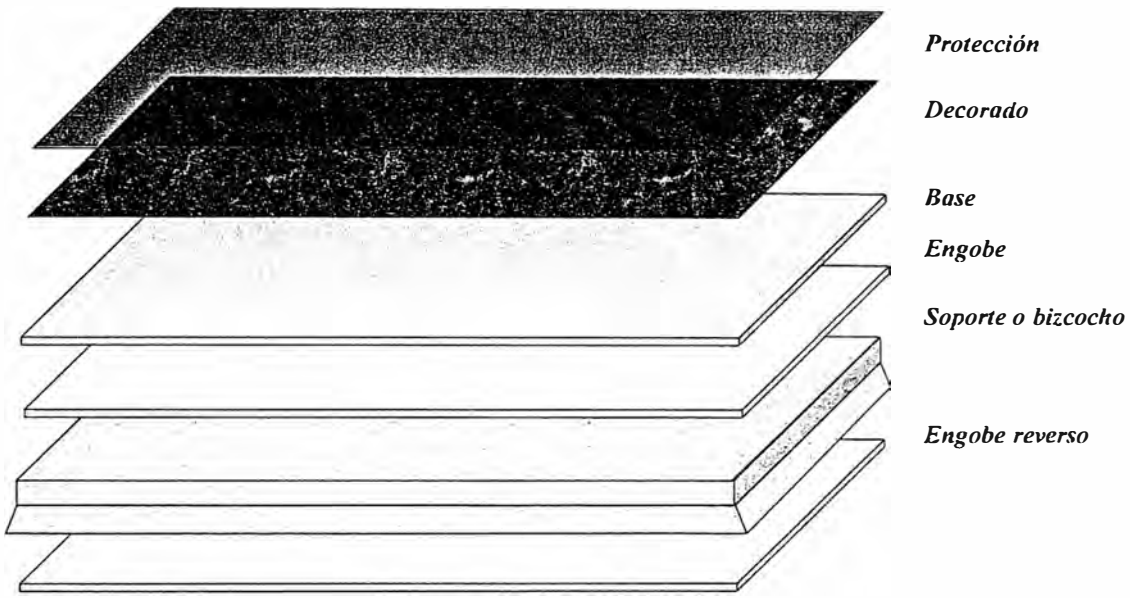
2.1. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA.

El organigrama empresarial se muestra en el anexo 1. La empresa se divide en unidades extractivas (en anexos), unidades de depósito (en anexos), unidades productivas (en el centro fabril), y unidad de servicios generales de planta (en el centro fabril). Las unidades productivas son tres: planta 1, planta 2 y planta de corte-tercer fuego. Los servicios administrativos, finanzas, ventas, laboratorios y almacenes de planta, que no sirven a más de una unidad productiva del centro fabril constituyen la unidad de servicios generales de planta. Contablemente cada unidad funciona como un anexo, es decir, en una misma contabilidad mediante medios informáticos se obtienen resultados independientes y conjuntos.

2.2. PROCESO DE PRODUCCION

Cada unidad de negocio tiene un sistema productivo similar pero separado. La planta 1 y 2 fabrican pisos y revestimientos cerámicos. La figura 1.2 muestra las partes de cada pieza (variable solo en formatos, modelos y calibres)

FIGURA 2.1.: PARTES DE UNA PIEZA TIPICA FABRICADA EN CERAMICA SAN LORENZO (15)



El soporte o bizcocho inicia la cadena de producción. Este se fabrica mediante compactación por prensado en moldes en diversos formatos, formas (planas o con relieves) y calibres acorde a los modelos estandarizados. La materia prima directa es el polvo cerámico de humedad y granulometría controlada. La obtención del polvo cerámico no es considerado como parte de la producción sino como abastecimiento pese a que la transformación desde cantera hasta polvo es realizado por la compañía con gran parte de recursos propios. La planta 1 usa polvo obtenido por molienda tradicional vía húmeda y

la planta 2 usa polvo obtenido por molienda vía seca. El bizcocho que se obtiene de las prensas es secado mediante hornos continuos de baja temperatura (máximo 200°C) para endurecerlo y darle las propiedades mecánicas para que soporte el manipuleo de los procesos subsiguientes.

FIGURA 2.2.: FOTO DE UNA PRENSA FORMADORA DEL SOPORTE (6)

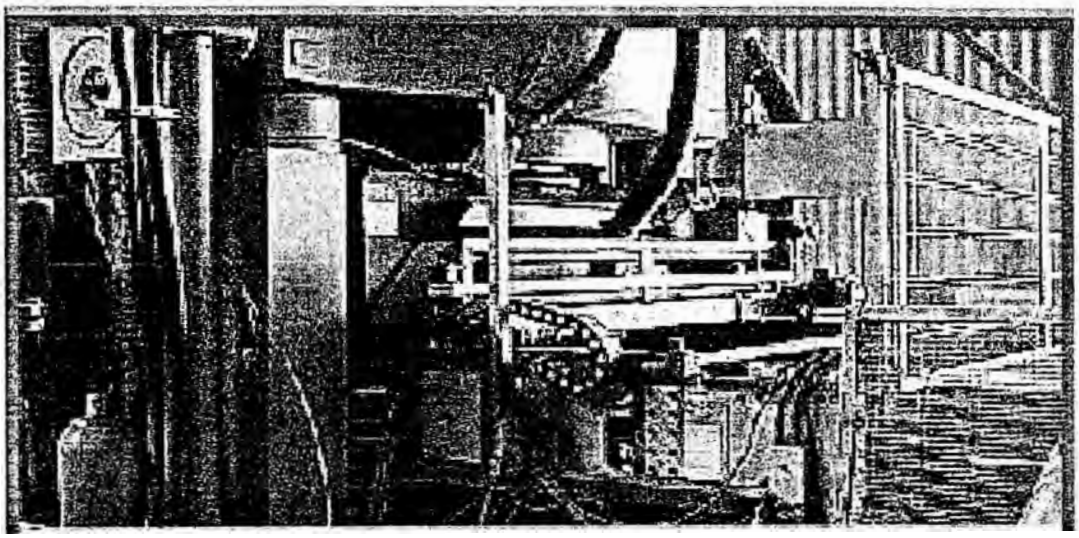
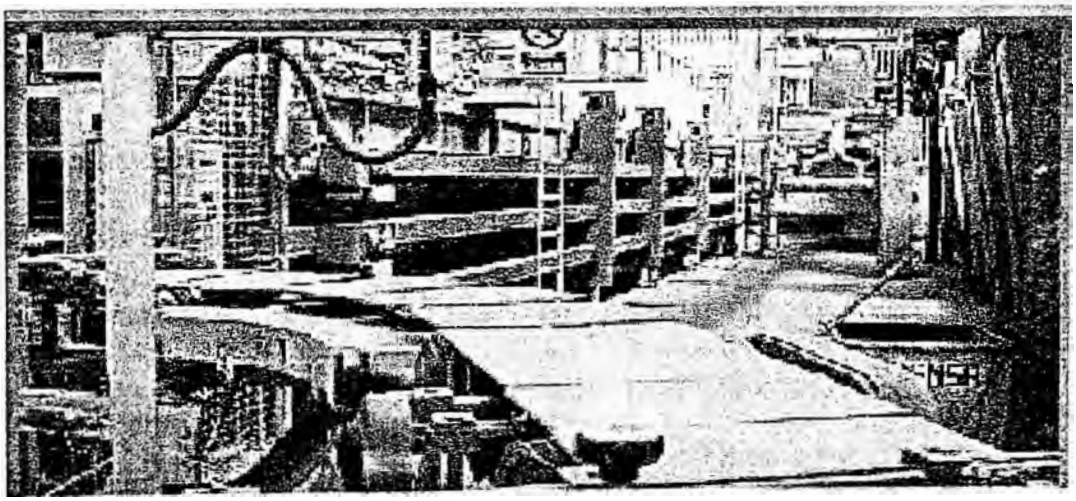


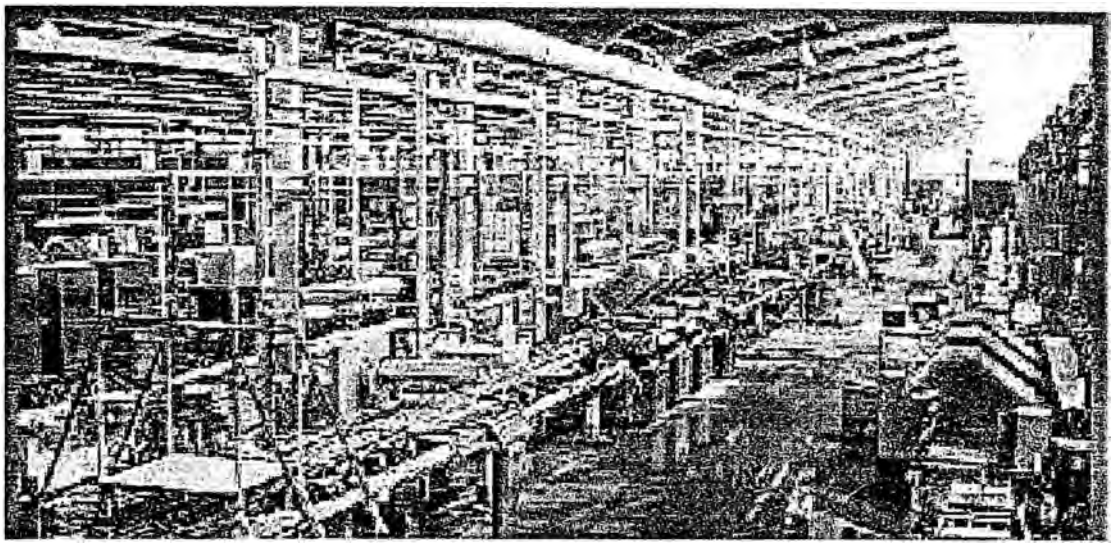
FIGURA 2.3.: FOTO DE UN SECADERO (AL FONDO SU RESPECTIVA PRENSA) (6)



El bizcocho secado es decorado mediante proceso continuo a lo largo de toda una línea de esmaltado que progresivamente le va aplicando agua

pulverizada, engobe, base, decoración con diversas tintas y tipos de máquina, protección y apilamiento en boxes. La obtención de los diferentes engobes, esmaltes y tintas tampoco es considerada como parte de la producción sino como abastecimiento.

FIGURA 2.4.: FOTO DE UNA LINEA DE ESMALTADO (6)

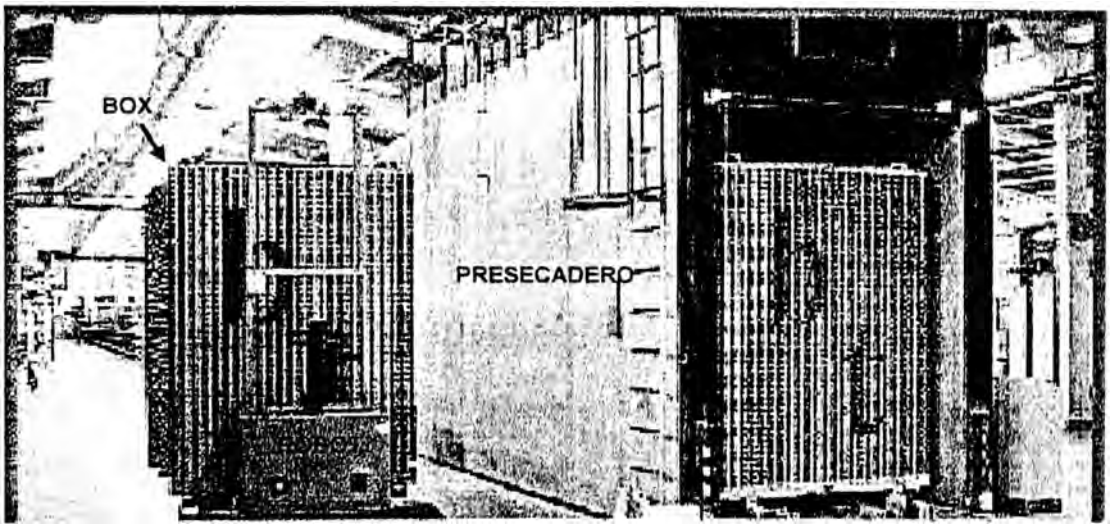


La empresa cuenta, en su planta 1, con 5 líneas de preparación continuas e independientes entre sí de pisos y revestimientos (que tienen en serie una prensa, un secadero, una línea de esmaltado y un cargador de boxes cada uno) y, en su planta 2, con 1 línea de preparación continua e independiente de pisos y revestimientos (que tiene dos prensas en paralelo activo, un secadero alimentado por ambas prensas, dos líneas de esmaltado en paralelo secuencial alimentado una a la vez por el secadero, y dos cargadores de boxes cada uno enseriado a una línea de esmaltado).

Los boxes que son una especie de armarios de azulejos dispuestos en varios pisos cada uno conteniendo varias filas de éstos, son transportados por

robot cargadores a los presecaderos. Si estos están llenos o hay alguna prioridad en la quema de algún producto en especial se transportan a una cola formada por un parque de boxes. La planta 1 tiene actualmente 4 robots cargadores guiados por laser y la planta 2 un robot cargador guiado por campos magnéticos. Los robots son controlados desde la cabina de los hornos.

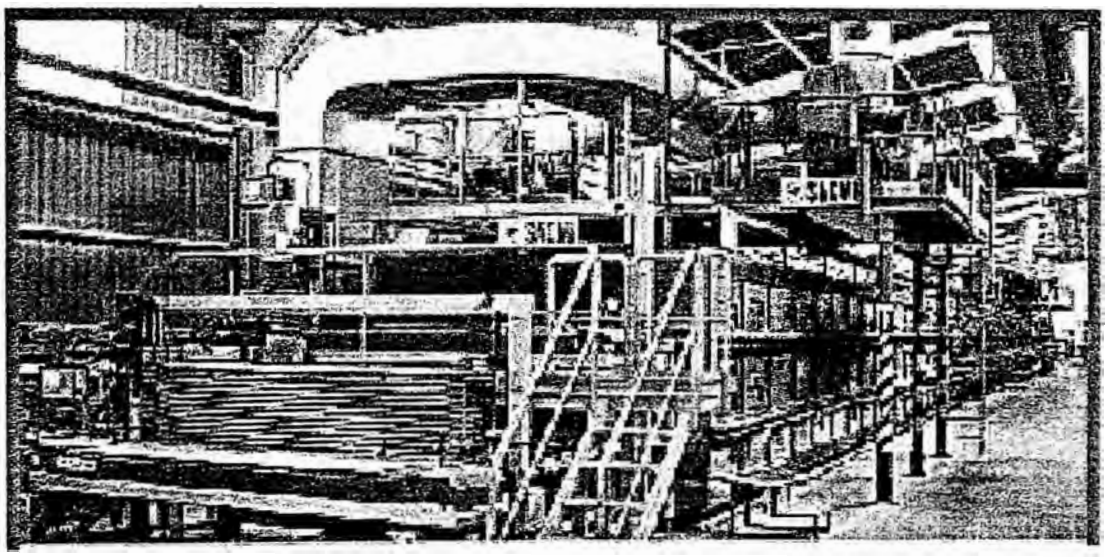
FIGURA 2.5.: FOTO DE ROBOT CARGADOR DE BOX Y PRESECADERO (6)



En los presecaderos cada box avanza lentamente mientras que el aire caliente pasa por las luces entre la superficie del azulejo y el techo de cada piso del box produciendo una cohesión previa entre las partes que evite que cada quien se deforme en forma diferente con la alta temperatura. En la planta 1 los boxes tras pasar por los presecaderos dejan su carga a los hornos. Máquinas descargadoras de boxes y formadoras de filas se encargan de disponer hileras que atravesaran el horno de quema. En la planta 2 el presecadero es continuo y está unido al horno, por ello los azulejos son descargados de los boxes antes de ingresar al presecadero. La planta 1

dispone de 3 presecaderos y 3 formadores de fila correspondiente cada uno a los 3 pisos de horno a rodillos continuos disponibles. La planta 2 dispone de un descargador que forma las filas y un presecadero unido al horno. El azulejo a lo largo de su recorrido en el horno es sometido a temperaturas variables que se encargan de cocer el producto. La planta 1 posee 2 hornos uno de ellos monocanal (de un solo piso) y otro bicanal (de dos pisos) mientras que la planta 2 solo tiene un horno monocanal.

FIGURA 2.6.: FOTO DE HORNO (6)



Los azulejos finalmente son transportados en forma continua hacia clasificadores automáticos. En la planta 1 hay 4 líneas de clasificación (3 de ellos enseriados a cada piso de quema disponible y otro que actúa como stand by). En la planta 2 hay 2 líneas de clasificación (1 de ellos se enseria con el horno mientras que el otro actúa como stand by). Cada línea de clasificación está constituido por una mesa clasificadora (de tres etapas: clasificación humana de defectos visuales, clasificación por tolerancia dimensional, clasificación por planaridad), una serie de 1 rompedor y 15 apiladores (en el

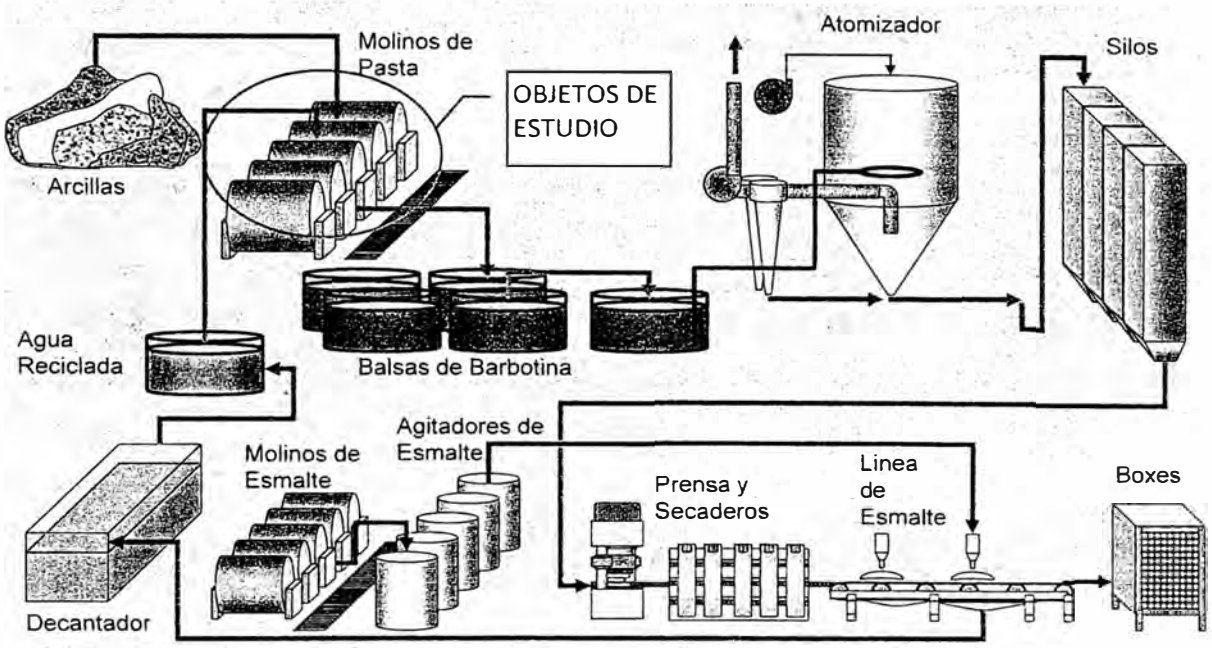
rompedor se destruyen los azulejos que exceden en defecto, en los apiladores se clasifican en calidades de primera y segunda, tonalidades, y calibres), una encajonadora (que dispone los azulejos ya clasificados en cajas), y una formadora de paletas con brazo robótico. Cada lote de producción es sometido a un riguroso control de calidad luego del cual es trasportado por montacargas a los almacenes de producto terminado.

Un porcentaje de los lotes fabricados tanto de la planta 1 como de la planta 2 se destinan como materia prima a la planta de corte-tercer fuego. Este fabrica tres tipos de productos: pisos y revestimientos con figuras y relieves especiales personalizados, zócalos y listelos de dos quemas, zócalos y listelos de tres quemas.

Los pisos y revestimientos con figuras y relieves personalizados se fabrican a partir de azulejos que tienen el color de fondo único sin decorar. Luego se le aplica decorado adicional con tintas especiales, y se somete a otra quema adicional en un horno especial. La clasificación y el embalaje son manuales. Los zócalos y listelos de dos quemas, se fabrican a partir de azulejos que ya están previamente decorados y solo necesitan corte. La zona de corte tiene dos módulos de corte y otro de biselado en serie. Los zócalos y listelos de tres quemas, se fabrican a partir de azulejos que por sus imágenes especiales debe pasar previamente por el decorado y el horneado adicional tal como los revestimientos especiales y luego ser sometidos a corte y biselado.

2.3. PROCESO DE PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA DIRECTA PARA LA PLANTA 1 (MOLIENDA VIA HUMEDA).

FIGURA 2.7.: ESQUEMA DE LA PREPARACION DE LA MATERIA PRIMA DIRECTA (15)

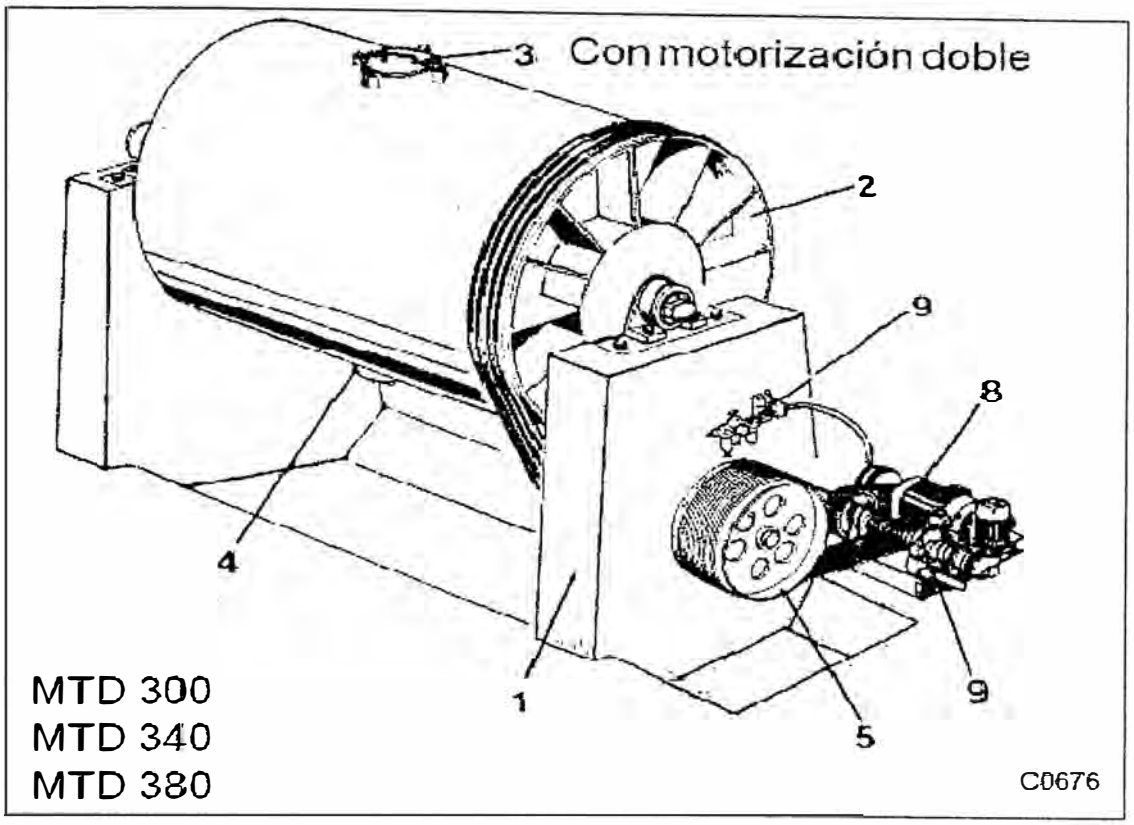


El polvo cerámico que es la materia prima directa del bizcocho se obtiene de mezclar varios tipos de arcillas según una receta estandarizada para todos los productos llamada mezcla única. Esta mezcla se realiza en los patios de acopio de arcillas mediante cargadores frontales que disponen una balanza electrónica que mide la carga de la cuchara. La arcilla así mezclada se combina con agua y aditivos defloculantes y se somete a proceso de molienda mediante molinos de tambor discontinuos de bolas de alúbit (alta alúmina).

FIGURA 2.8.: PREPARACION DE LA MEZCLA UNICA (6)

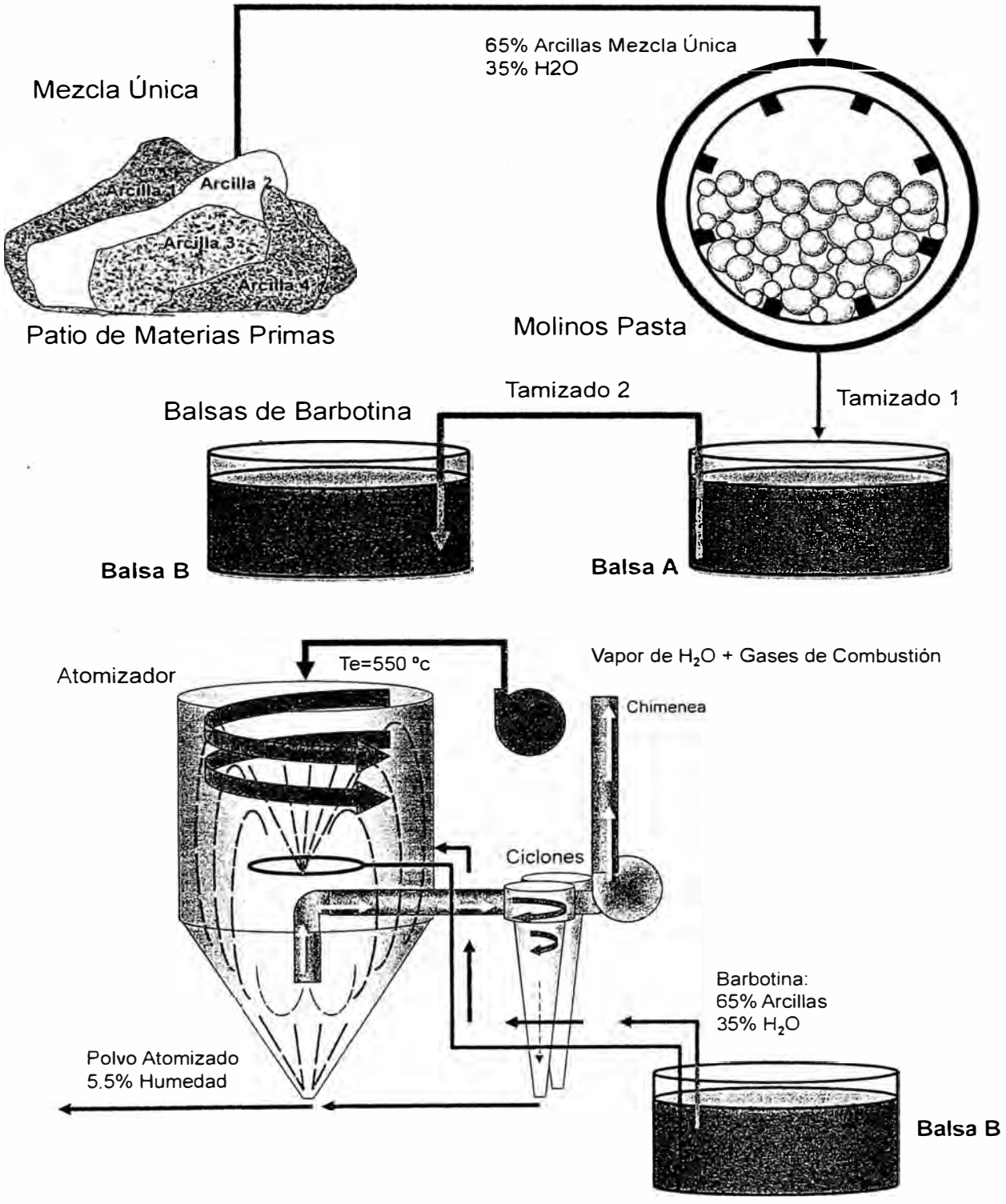
Las arcillas se obtienen por explotación de canteras a tajo abierto. La empresa tiene en concesión algunas canteras (unidades extractivas anexas). También compra arcillas a terceros. El proceso de explotación, chancado y transporte en camiones a la planta es tercerizado. La unidad de canteras a cargo de un geólogo se encarga de supervisar el proceso y controlar la calidad de la arcilla. Logística hace el proceso administrativo de compra de los servicios o compra de arcilla a terceros acorde a los stocks establecidos controlados por el área de laboratorio cerámico. También a pedido del almacén de materias primas hace la compra de las bolas y los aditivos mayormente importados.

FIGURA 2.9.: MOLINO DE PASTA (10)



Cerámica San Lorenzo tiene un equipo de carga de molinos mediante balanza y fajas transportadoras y 7 molinos de bolas. El producto de los molinos se descarga a piscinas conocidos como balsas A. En las balsas A se agita la mezcla y luego de un tiempo de reposo se traslada a la balsa B. Entre la descarga y las balsas A así como entre las balsas A y B existe un proceso de filtrado de ganga que pasa a reproceso. La pulpa filtrada se conoce como barbotina y es la que se somete a proceso de atomizado para extraer el agua y así obtener el polvo que se transporta mediante fajas a los silos de almacenaje. La granulometría del polvo que desciende de los silos es clasificada mediante tamizado. Luego mediante fajas y elevadores de cangilones es distribuida a las tolvas de las 5 prensas donde empieza el proceso productivo.

FIGURA 2.10.: PROCESO DE MOLIENDA Y ATOMIZADO (15)



Los engobes y las bases cerámicas se obtienen al mezclar en molinos de bola de alúbit diferentes proporciones de cristales particulados pigmentados

conocidos como fritas con caolín, fosfatos, cal, agua y aditivos defloculantes. No existe a diferencia del polvo cerámico una receta única sino varias recetas para cada color de base deseada o tipo de engobe deseado (para vía seca o vía húmeda). Logística importa las fritas y los defloculantes, los demás productos se compran en el mercado local a pedido del almacén de materias primas. Todos vienen en bolsones de 1 tonelada o tonelada y media. La empresa dispone de 10 molinos de diferente capacidad. La carga de materia prima a los molinos de esmalte se realiza mediante grúas puente. El producto de los molinos se filtra y bombean a tanques de almacenamiento mediante carritos móviles vibradores y bombeadores. En los tanques de almacenamiento se agita y reposa el producto y luego se descarga a tanques de volumen más pequeño que se transportan en montacargas a las líneas de esmaltado donde se vierte el contenido en otros agitadores de menor volumen llamados vascas ubicados en cada campana de esmaltado.

Las tintas de decorado se obtienen al mezclar algunas bases obtenidas mediante molienda con pigmentos tixotrópicos y resinas en máquinas llamadas dispersores o para pigmentos muy viscosos en molinos de microbolas. Actualmente se ha comprado un sistema tintométrico automatizado que permite una tonalidad exacta de dispersado. Las tintas se almacenan en tachos que se trasladan por montacargas a las decoradoras.

CAPITULO III

HERRAMIENTAS DE CÁLCULO DE NIVELES Y PERIODOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS MOLINOS ANALIZADOS

3.1. TIPOS DE MANTENIMIENTO APLICADOS (5)

En la presente investigación se ha tomado en cuenta los tipos de mantenimiento en función a su filosofía en la aplicación, los mismos que se muestran en la tabla 2.1. (se resalta en rojo el tipo de mantenimiento en el que se focalizó el presente estudio que es el mantenimiento preventivo de sustitución). Se explica luego cada uno aplicado a la realidad de la empresa, resaltándose el tipo de mantenimiento a aplicar, y aquellos que serán tomados como recomendación para una implementación complementaria para que funcione la propuesta final.

TABLA 3.1.: CLASIFICACION DEL MANTENIMIENTO USADO EN EL PRESENTE TRABAJO

TIPOS DE MANTENIMIENTO POR SU FILOSOFIA EN LA APLICACION	
NO PLANIFICADO	MANTENIMIENTO REACTIVO O CORRECTIVO NO PROGRAMADO
	MANTENIMIENTO PROLONGADO
	MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMADO
PLANIFICADO	MANTENIMIENTO INSPECTIVO O PREVENTIVO BASADO EN INSPECCIONES
	MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE SUSTITUCION
	MANTENIMIENTO PREDICTIVO
	MANTENIMIENTO PROACTIVO
	MANTENIMIENTO DE ANALISIS CAUSA RAIZ (RCFA)
	MANTENIMIENTO DE CLASE MUNDIAL (WCM)
	MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)
	MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM2)

3.1.1. MANTENIMIENTO NO PLANIFICADO

Son todas aquellas actividades de mantenimiento realizadas en respuesta a una falla de parada o un deterioro y aquéllas partes de una actividad que tomó más tiempo de lo propuesto al cliente o a la dirección ejecutarla. Se entiende por falla de parada a aquella condición del equipo que imposibilita su funcionamiento sea porque los parámetros de calidad, productividad o de seguridad están ya muy por debajo de lo aceptable (parada por decisión operacional o falla funcional grave) o porque un parámetro

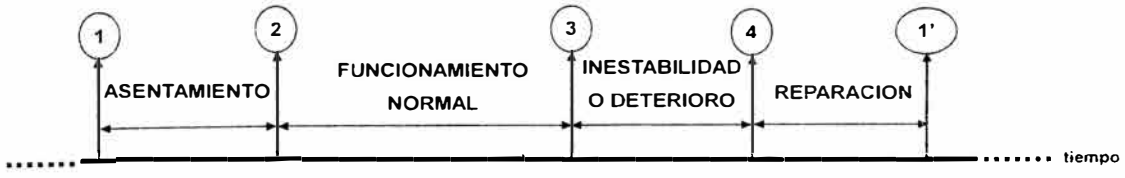
mecánico, eléctrico, electrónico o mixto impide el funcionamiento pudiendo ser de leve a desastrosa. Un deterioro también conocido como falla funcional tolerable o falla en proceso es aquel síntoma mecánico, eléctrico, electrónico o funcional (calidad, productividad, seguridad) que está fuera de lo óptimo pero que es tolerable y permite tomar acciones antes de que se agrave y desemboque en una falla de parada.

a) Mantenimiento correctivo no programado, reactivo o de emergencia

Conformado por los fallos imprevistos de los equipos que originan una parada de la máquina no deseada. Si dejar que el equipo falle fue coordinado y aceptado por los clientes y la alta dirección atendiendo a un estudio de prioridad o de aplicación del RCM o porque se ha previsto el reemplazo por componentes o equipos en "stand by" ya es otro tipo de mantenimiento. Aquí se consideran eventos fortuitos o indeseados o que escaparon al plan. La figura 3.1 define en el tiempo una actividad de mantenimiento reactivo:

FIGURA 3.1.: MANTENIMIENTO REACTIVO EN EL TIEMPO

- **1, 1'** : Fin de la instalación inicial de la máquina o de su ultima reparación
- **2 :** La máquina tras regulaciones y ajustes posteriores a su instalación o reparación (asentamiento) empieza a funcionar dentro de su estándar de trabajo.
- **3 :** Empiezan deterioros que producen intermitencias o merman el estándar de trabajo. La máquina inestablemente continua funcionando.
- **4 :** Falla (avería) o deterioro critico: la máquina para.



b) Mantenimiento prolongado

Conformado por el retraso de las actividades planeadas. Por ejemplo: se planeo que un cambio de fajas iba a durar 2 horas y para ello se coordino con producción la parada del equipo implicado, pero al momento de destemplar se roban los hilos del perno templador prolongando la parada 4 horas más, es decir, 6 horas en total. Las 4 horas adicionales a lo previsto constituyen un mantenimiento prolongado, que ya causó distorsiones al cliente interno y desprestigio al área de mantenimiento y por estos eventos un buen plan o programa, puede resultar en un fracaso. Para evitar estos acontecimientos es necesario facilitar los accesos, estudiar los riesgos de demora, etc.

c) Mantenimiento correctivo programado

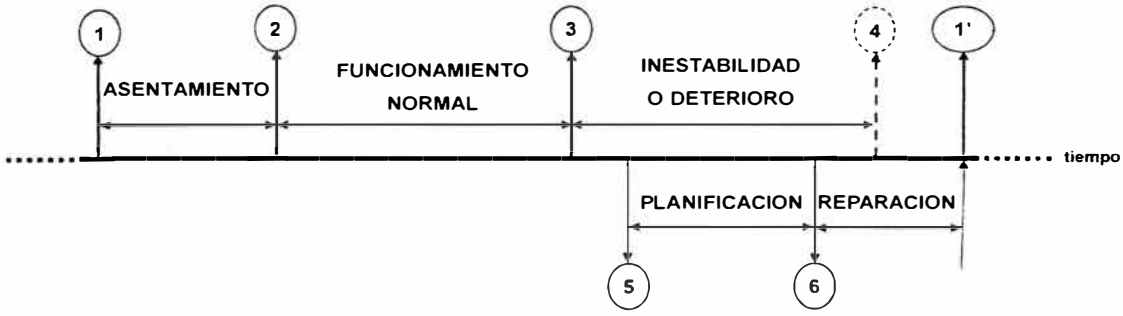
Son las intervenciones ejecutadas en respuesta a deterioros incipientes o lo ha solicitado el cliente interno **sin obedecer a frecuencia preestablecida**. Involucra las actividades que esperan este aviso para recién programar los recursos (coordinación de servicios, compra de repuestos, distribución del personal) como las que antes del aviso se ha previsto cierta planeación (disponer personal exclusivo de atención a estas alertas, disponer un almacén de repuestos o mejor aún componentes en stand by) o la alternativa de hacer una evaluación de prioridad y de costos y establecer que el equipo adrede llegue a la falla con la seguridad de tener el stand by de reemplazo inmediato y los recursos humanos para llevarlo a cabo. Este tipo de mantenimiento cuando se llega al nivel incipiente de planear los repuestos o los recursos humanos se confunde con mantenimiento preventivo lo cual pasaba con la

organización de análisis. A veces las normas de calidad que consideran solamente acciones correctivas y preventivas para levantamiento de no conformidades u observaciones confunden el asunto. Un campo es aplicar la ISO 9001, ISO14001 u OSHAS 18001 y otro muy distinto aunque relacionable con ellos es la gestión del mantenimiento cuyas filosofías van más allá de la corrección o la prevención. La figura 3.2 define el mantenimiento correctivo programado en el tiempo:

FIGURA 3.2.: MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMADO EN EL TIEMPO

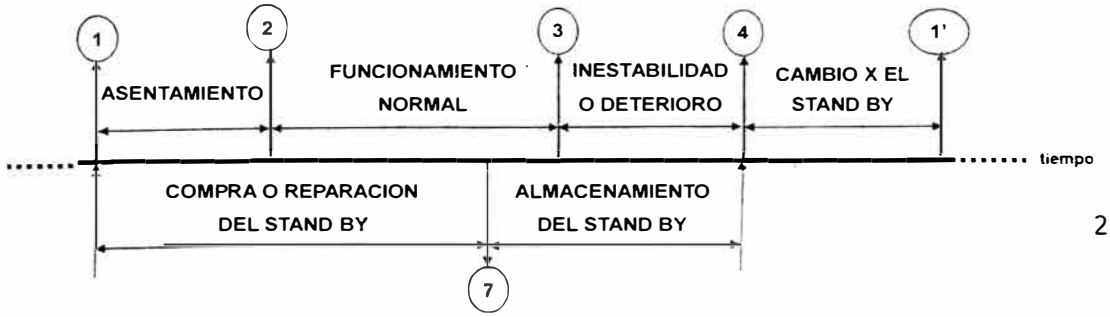
a) SIN STAND BY

- **5** : Se detecta anomalías o deterioros en la máquina (inspección casual, check list de producción o de mantenimiento). Empieza un periodo de planificación al corto o mediano plazo para intervenir el equipo (se hacen cronogramas gant, se compran los repuestos, se disponen herramientas y personal para una intervención más rápida y de óptimos resultados).
- **6 :** Se para el equipo por decisión coordinada y se interviene.



b) CON STAND BY

- El ciclo empieza con la ultima intervención o luego de la instalación inicial de la máquina cuando se decide adquirir un equipo o componente vital en stand by o se empieza a reparar un stand by existente.
- **7 :** El stand by se encuentra ya en condiciones operativas para entrar en acción en cualquier momento. Se dispone su almacenamiento hasta que la máquina falle momento en el cual el stand by sustituye al original.



3.1.1. MANTENIMIENTO PLANIFICADO

Son todas aquellas actividades coordinadas con la alta dirección y/o el cliente interno ejecutadas antes de que el equipo falle o luego de una falla aprobada por la alta dirección y el cliente interno si es fruto de aplicar RCM. La planificación es diferente a programación no depende de condiciones de falla o deterioro sino de anticiparse a estas y de que el cliente interno y la dirección consideren el tiempo de parada planificada como tiempos de producción normales.

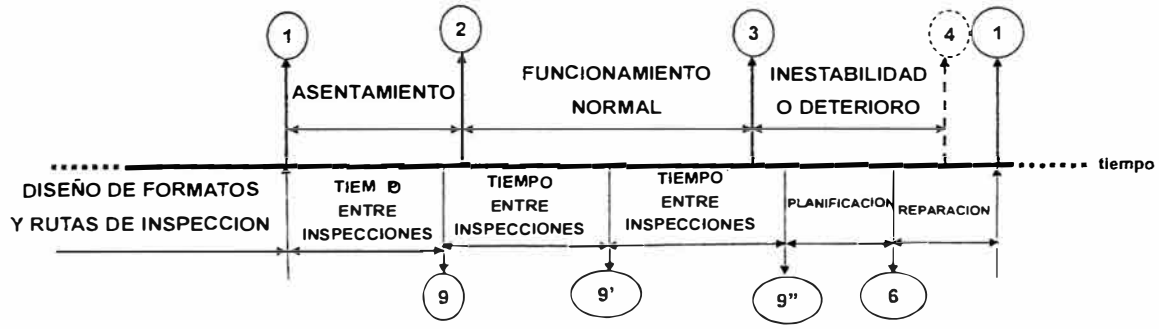
a) Mantenimiento inspectivo o preventivo basado en inspecciones

Muchos autores lo consideran como parte del mantenimiento preventivo ya que ambos ***obedecen a frecuencias preestablecidas y necesitan de un tiempo previo de planificación*** **o** ***año cero***. El inspectivo **se enfoca en actividades que no requieren la parada de máquina o si la detienen en cumplimiento de una norma de seguridad es por muy corto tiempo despreciable.** Por lo general **se aprovecha los tiempos de preparación que están incluidos en el tiempo de operación regular de la máquina** (para nuestro caso serían los tiempos de carga y descarga del producto, los cambios de bolas y de forros, los tiempos muertos por pruebas de laboratorio). Se incluyen en este mantenimiento las actividades de relubricación (sin sustitución total del lubricante), de ajustes de pernería, de control de templado de cadenas y fajas, controles de temperatura manuales, control de ruidos, olores o

vibraciones inusuales, de fugas, de puntos de contaminación, de la accesibilidad, verificación de la presencia en físico de repuestos solicitados en almacén, control de velocidades y otros parámetros del equipo no operacionales. El siguiente esquema define el mantenimiento inspectivo en el tiempo:

FIGURA 3.3.: MANTENIMIENTO INSPECTIVO EN EL TIEMPO

- **9, 9', 9'''** : Luego de una planificación donde se diseñan formatos-instructivos-rutas de inspección, cada cierto tiempo se ejecutan inspecciones y se hacen ajustes menores. En **9'''** se detecta una anomalía mayor lo que conlleva a una coordinación con producción y planificación interna para parar el equipo e intervenirlo antes que falle en **6**.



b) Mantenimiento preventivo de sustitución

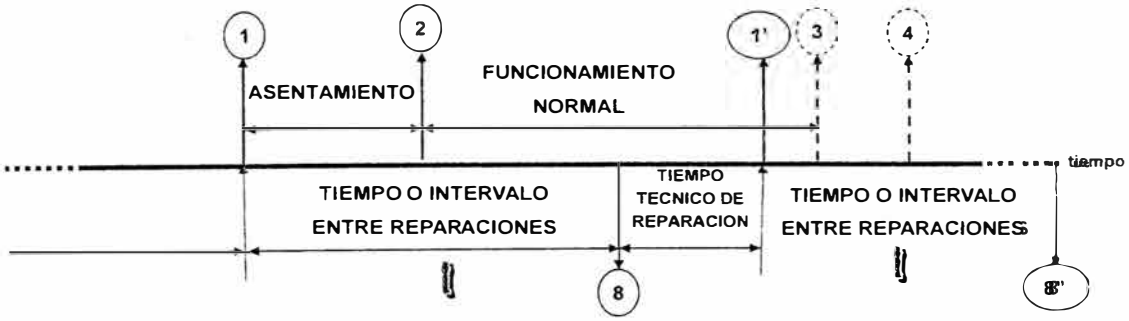
Constituido por las actividades con **paradas de máquina** mayores a los tiempos muertos o de preparación de producción (lo que hace muy difícil aprovechar dichos tiempos) y que **obedecen a una frecuencia y planeamiento de recursos preestablecida** además de orientarse al **cambio de repuestos o lubricantes así aun estos tengan una vida útil por delante**.

El criterio empleado para calcular el tiempo entre reparaciones y los niveles de reparaciones es diverso: están los manuales de los equipos, los

estándares de frecuencias en equipos similares, el uso de herramientas estadísticas, y la propuesta del presente estudio del empleo de fórmulas de vida útil. También está un criterio moderno de mayor expectativa de éxito: ***el mantenimiento preventivo optimizado*** (PMO en sus siglas en inglés), que consiste en calcular la función costo de la estrategia en función del tiempo y luego hallar el tiempo óptimo entre reparaciones. La función costo de la estrategia es la suma de la función costo preventivo anual a determinados tiempos y la función riesgo (costo del correctivo por la probabilidad de ocurrencia) a determinados tiempos.

FIGURA 3.4.: MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE SUSTITUCION EN EL TIEMPO

- Debe haber un AÑO CERO donde se calcula el tiempo entre reparaciones
- Por el criterio usado para establecer el tiempo entre reparaciones se desprenden varias clases de preventivo
- **8** : Termina el intervalo entre reparaciones programado y tras coordinaciones previas se para la máquina para hacer sustituciones preventivas así los repuestos cambiados aun puedan seguir trabajando.



c) Mantenimiento predictivo

Constituido por el monitoreo instrumental constante o a frecuencias preestablecidas de las condiciones sintomáticas del funcionamiento de la maquinaria como vibraciones, temperatura, partículas presentes en el

lubricante, espesores de paredes, fisuras internas, parámetros eléctricos, etc., complementado obligatoriamente por un análisis estadístico de predicción de la falla mediante hardware y software especializado y certificado y la política de la alta dirección y el cliente interno de parar el equipo cuando lo mande el sistema de predicción y de priorizar la logística de repuestos y servicios necesarios para corregir el desperfecto cuando mande la alerta de proceso de deterioro. La gran mayoría de empresas incluyendo la organización materia de estudio no consideran este último aspecto y contratan un análisis vibracional u otra técnica predictiva conformándose con el informe de la evaluación en sí. Esto no deja de ser más que un mantenimiento correctivo programado más especializado pero correctivo programado al fin. Y si esto se realiza a frecuencia pero no considera la predicción o la política de la alta dirección solo es un inspectivo más especializado, que ayuda enormemente a una gestión por inspecciones o por sustitución preventiva pero que no es la filosofía última del mantenimiento predictivo.

Si bien el presente trabajo no analiza un mantenimiento predictivo, a la luz de la problemática en las recomendaciones se ha indicado los puntos clave del molino que deben ser sujeto de determinada técnica predictiva.

d) Mantenimiento proactivo

Son las actividades dirigidas a detectar y corregir las causas que generan que los planes de mantenimiento no se cumplan o no lleguen a satisfacer al cliente interno y la alta dirección. Fundamentalmente esta filosofía

considera al desgaste como causante de las fallas imprevistas de maquinaria o de distorsiones en los planes y trata de hallar la causa del desgaste, aunque no solamente es el desgaste, sino también la comunicación de parte del personal de mantenimiento en sus distintos niveles con el cliente interno, la motivación, el liderazgo, el desconocimiento de algo, etc. Como toda gestión proactiva o de mejora continua aplica el ciclo deming en su implementación y una serie de reuniones de análisis con el personal tanto subordinados, jefes, clientes internos, proveedores internos o externos, especialistas, etc. Un sistema proactivo puede ser integrado a sistemas de calidad ISO 9001, OSHAS 18001, ISO 14000 aunque debe mantener su independencia de conceptos y enfoques en las reuniones completamente independientes de lo que mandan las demás normas. Así por ejemplo no debe confundirse una charla de 5 minutos de seguridad con una reunión de mantenimiento proactivo, incluso los cuadernos de registro de participaciones y conclusiones deben ser independientes. Los planes de acción proactivos no se deben confundir con planes de otras normas, o de otro tipo de mantenimiento pero si debe aplicarse la documentación, criterio de seguimiento y de distribución de recursos similar. El método PROAC marca la pauta de este mantenimiento.

e) Mantenimiento de clase mundial

Consiste en los planes de acción resultado de reuniones de análisis de los indicadores de clase mundial llevados bajo cierta frecuencia preestablecida por política de la alta dirección y comparando resultados con empresas similares que lleven dichos indicadores. Participan en ello en los análisis hasta

el nivel de los trabajadores mediante delegados. Los indicadores de clase mundial son: de producción (disponibilidad, calidad, productividad, eficiencia global de planta, costos de producción por unidad de producto terminado, aprovechamiento de planta) y MTTF, MTTR, Índice de Corder, costos de repuestos y servicios por unidad de producto terminado (de mantenimiento). Se pueden incluir indicadores de horas extras, indicadores de gestión medioambiental y de seguridad.

f) Mantenimiento productivo total (TPM) (5)

Es un sistema de gestión corporativo auditable externamente y certificable basado en las normas del JIPM (Japanese Institute of Plant Maintenance). El modelo de aplicación es la construcción de un templo griego teniendo como base el compromiso y la participación de todos los integrantes de la empresa desde la alta dirección hasta los niveles operativos y 8 pilares que deben edificarse cada uno con pasos establecidos (no se debe ir a otra etapa sin haber certificado mediante auditorías internas y externas el cumplimiento del paso en formación) y que deben soportar el techo de las cero perdidas (cero averías, cero defectos y cero accidentes). Los pilares son: mejora orientada, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, capacitación y entrenamiento, gestión temprana de equipos, mantenimiento de calidad, seguridad y medio ambiente, tpm en áreas administrativas. El sistema TPM al igual que las normas de calidad ISOS y OSHAS obliga a la empresa a establecer un comité TPM liderado por la gerencia general. Es un sistema

bastante complejo que demanda recursos y expectativa de resultados a un largo plazo (mayor a 4 años).

g) Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM2) (6)

Las actividades RCM2 toman como punto de partida hacer un análisis de modos, efectos de fallas (FMEA) o siendo más exquisito combinar con el mantenimiento proactivo haciendo un análisis de modos, efectos y causas de fallas (FMECA) de las funciones productivas, de calidad, de seguridad y de control de impacto ambiental de las máquinas. Para ello debe hacerse la lista completa de funciones de cada nivel genealógico de los activos (sistema-equipo-componente u otros niveles intermedios adicionales), los estándares cuantificables de los rangos de operación que no son condiciones de falla, los que son condiciones de falla funcional, de falla total o parada de máquina y de falla oculta. Para cada condición de falla funcional, falla total o falla oculta se analiza el efecto de aplicar cada tipo de mantenimiento anteriormente descrito (modo) o la alternativa del rediseño de procesos o de componentes para volver a su condición de operación deseada (corregir la causa inmediata del problema). El efecto se analiza en términos de tiempos, stocks o pulmones del proceso y fundamentalmente los costos. Allí culmina el análisis FMEA pero puede ahondarse más si por cada modo de falla se evalúa la raíz de la causa y se hace un análisis de costeo y tiempos comparando la inversión en corregir la causa raíz con los otros modos ya evaluados convirtiéndose en un análisis FMECA. El RCM2 culmina en seleccionar el modo más conveniente y hacer el plan siguiendo este modo, y retroalimentando a una frecuencia determinada un

nuevo análisis FMEA o FMECA para hacer los cambios necesarios. El plan RCM2 considera también establecer una frecuencia de mantenimiento de búsqueda de la falla oculta.

3.2. PROCESO DE MOLIENDA Y CALCULO DE CARGAS MECÁNICAS EN MOLINOS DE TAMBOR DISCONTINUOS DE PASTAS Y ESMALTES CERAMICOS

El proceso de molienda es un proceso unitario que consiste fundamentalmente en reducir por impacto y abrasión un mineral o sustancia industrial particulada de un tamaño inicial promedio de partículas a otro tamaño más reducido. De modo más indirecto puede involucrar reacciones químicas o soluciones que faciliten el proceso de reducción o que se generen adrede porque se busca otra sustancia diferente. El proceso de molienda puede hacerse vía seca o vía húmeda.

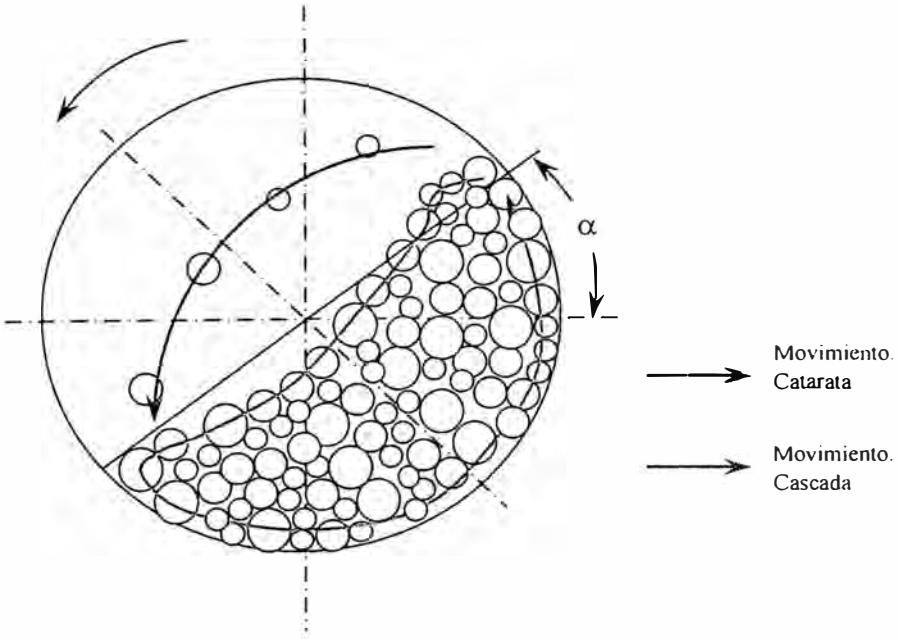
En la vía húmeda el material inicial a reducir es mezclado previamente con un fluido generalmente agua o soluciones salinas. El medio fluido permite por sus propiedades lubricantes intrínsecos un desgaste de forros y medios de molienda reducida, y una partícula resultante más homogénea y esférica. En este caso se produce un producto intermedio de estado coloidal fluidizo (suspensión o dispersión acorde al tamaño de partículas disueltas). En la industria muchas veces este estado coloidal fluidizo es el producto final de molienda deseado y no se procede a la extracción del medio fluido, tal como es

el caso de los molinos de esmaltes de la empresa en estudio. Pero por lo general y como es el caso de la molienda de pasta se debe extraer el medio fluido del producto (separar las partículas del medio fluido). No obstante, como nuestro estudio se refiere directamente a los equipos que dan como resultado el estado coloidal y no a los de separación del medio fluido no ahondaremos más en el asunto. Como cultura del proceso de molienda necesario para la investigación también cabe mencionar que el proceso de molienda involucra intrínsecamente la separación parcial o total de productos no deseados (ganga) y la clasificación de tamaño de partículas. Este último puede ejecutarse directamente en el proceso o solamente controlarse vía laboratorio (que es lo que se hace en la molienda de pasta cerámica). Pero la eliminación de ganga si se hace en el proceso mediante tamizaje, selección de medios de molienda por análisis de la dureza del material a reducir, hidrociclones, etc.

En la vía seca el material se reduce sin presencia del medio fluido produciéndose partículas no homogéneas y de formas irregulares que dificultan un proceso ulterior de refino, separación, aplicación como materia prima de la fabricación del producto principal terminado, etc. También al no haber medio fluido se desgastan más rápido los medios y forros de molienda y el rendimiento es pobre. Esto solamente es compensado por un ahorro en la separación del medio fluido (actualmente ha tomado valor en el mundo cerámico por el alto costo de la energía).

La molienda vía húmeda se aplica por lo general mediante molinos de forma cilíndrica (tipo tambor) con un espacio interior revestido de un material fácilmente removible destinado a desgastarse en la molienda llamado forro o revestimiento. En el interior del cilindro los medios de molienda (que pueden ser bolas, barras o partículas grandes del mismo material) chocan y giran entre sí, con el material a moler mezclado con el medio fluido y con el forro a la vez. El choque genera reducción del material por impacto y el giro por abrasión. Cuando el molino se llena con material a moles al ras del material molturante y se empieza a mover en su ciclo de trabajo, el movimiento es caótico pero luego de unos minutos de entrar en régimen permanente el movimiento del conjunto de medios de molienda y material adoptan la forma de riñón mostrada en la figura 3.5.

FIGURA 3.5.: FORMA DE RIÑÓN DEL MATERIAL A MOLER Y LAS BOLAS CUANDO SE CARGA AL RAS DE LAS BOLAS



El ángulo de inclinación del riñón depende de los parámetros de velocidad y de tamaño de molino y se analizarán más adelante.

La molienda vía húmeda a tambor puede ser convencional, autógena y semiautógena. Es convencional si se considera como medios de molienda bolas o barras de dureza y resistencia mucho mayores que las partículas a moler y tamaños determinados por análisis mineralógico. El nivel de bolas del molino viene a ser el nivel de llenado para todo cálculo de los parámetros de molienda y el diseño mecánico del molino. Es autógena si se considera como medios de molienda solamente a las partículas grandes y duras del material a moler (en este caso no se usan barras ni bolas de material de dureza y resistencia mayor) y el nivel de llenado es el del material en sí. Es semiautógena si se considera como medios de molienda o un porcentaje de bolas o barras de dureza y resistencia mayores que las partículas a moler y otro porcentaje las partículas más grandes del material y el nivel de llenado se toma como el de las partículas mayores. En el caso de la molienda de pasta se usan molinos convencionales a bolas de alúbit. Pese a haber partículas grandes se considera este modelo por las condiciones mecánicas de los sólidos grandes.

Los cilindros que constituyen el cuerpo principal del molino tienen muñones o ejes solidarios al cilindro que se apoyan en rodamientos (con ajuste) de lubricación cerrada o en cojinetes lisos (bancadas) con luces y lubricación circulatoria. Normalmente este último tipo se diseña en molinos muy grandes de diámetros de cilindro mayores a 10 metros. En nuestro caso el cuerpo principal se apoya en rodamientos de rodillos a rotula de agujero

cónico apoyados sobre manguito de montaje. La transmisión puede ser vía correas de transmisión o vía engranajes lubricados por salpicadura, incorporando o no reductores en medio de la transmisión. En el caso de los molinos de pasta la transmisión desde la motorización se realiza mediante correas de transmisión. La motorización incorpora un acoplador hidráulico.

Los molinos de tambor pueden ser clasificados en continuos y discontinuos. El primero tiene muñones cilíndricos (no sólidos) por donde se puede cargar y descargar sin parar el molino regulándose el tiempo de retención de la carga a moler en el molino por el nivel de reducción clasificado por tamices y filtros tipo disco. El segundo tiene muñones sólidos y escotillas en el cuerpo cilíndrico por donde cargar y descargar; esto obliga a parar el molino para las operaciones de carga y descarga. Este es el tipo de molino de los objetos de estudio.

3.2.1. CALCULO DE LOS PARÁMETROS DE MOLIENDA NECESARIOS PARA HALLAR LAS CARGAS MECÁNICAS DEL MOLINO TÍPICO EN ESTUDIO (6).

a) Diámetro útil (D), longitud útil (L) y volumen útil (V)

La estructura metálica de un molino de tambor tiene forma cilíndrica. Pero esta estructura no se diseña para resistir la abrasión y el impacto que se produce en el molino sino se tendría que hacer costosas reparaciones o cambiar el tambor a cierta frecuencia. Para ello se dispone un revestimiento de un cierto espesor e. El diámetro de la sección vacía que queda es el diámetro

útil. Si D' es el diámetro del interior del cilindro sin revestimiento, el diámetro útil D será igual a:

$$\mathbf{D = D' - 2*e} \quad \ldots. \quad (3.1)$$

Análogamente las paredes planas que encierran el cilindro también se les aplica revestimiento, por ello si L' es la longitud entre dichas paredes antes de aplicar el revestimiento, la longitud útil L será igual a:

$$\mathbf{L = L' - 2*e} \quad \ldots.. \quad (3.2.)$$

El volumen útil es el espacio interior disponible para carga de material molturante y molido y un espacio vacío necesario para el movimiento y se produzca la conminución. Este es igual a:

$$\mathbf{V} = \frac{\pi * D^2 * L}{4000000} \quad \ldots\ldots \quad (3.3)$$

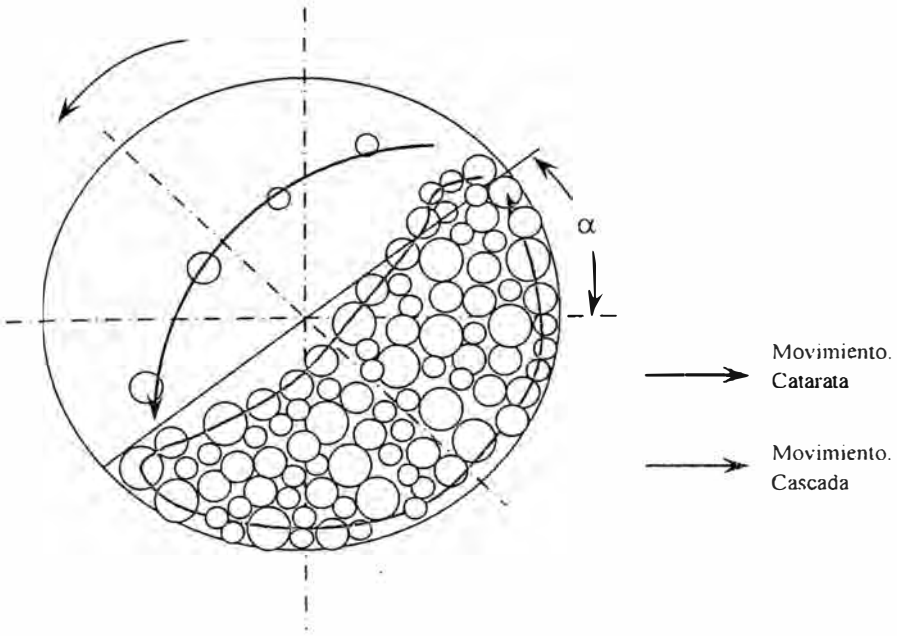
V en litros, D y L en milímetros.

b) Ángulo de levantamiento (α)

Cuando el molino ha alcanzado su velocidad nominal el movimiento de las bolas y la carga puede ser de tipo cascada o catarata. En el movimiento cascada las bolas pegadas a la pared del molino rotan y a la vez avanzan junto con la velocidad exterior del tambor que le transmite el motor hasta un punto en que la fuerza de gravedad prevalece sobre la fuerza centrífuga que lo mantiene adherido a la pared y cae rotando en un plano inclinado formado por las demás bolas que también tratan de seguir el movimiento de las bolas exteriores (realmente es un plano inclinado con depresión de forma de un riñón pero se

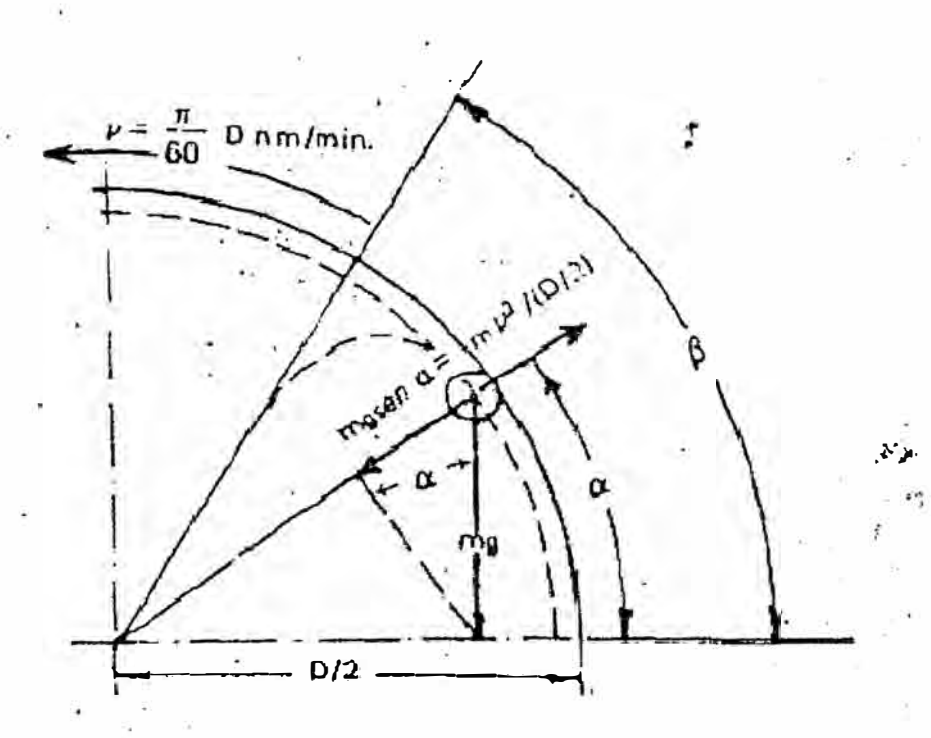
puede aproximar al modelo descrito). Este plano inclinado forma un ángulo respecto a un plano horizontal paralelo al piso que lo corta en la mitad (la recta de corte pasa por el eje vertical de la sección transversal). El ángulo que se forma es el ángulo de levantamiento que depende de la velocidad y del diámetro útil del molino. Cabe señalar que en el movimiento catarata las esferas no siguen el plano inclinado sino una parábola por encima del plano (esto se consigue con velocidades cercanas a la crítica o con levantadores). Todo molino funciona con estos dos tipos. Cuando no hay levantadores se puede considerar que el movimiento total es cascada, pero si existen como es el caso del objeto de estudio debe analizarse primero el movimiento como si fuera totalmente de cascada y luego aplicar los factores de corrección acorde al ángulo de levantamiento sobre el plano inclinado que depende de la forma y altura del lifter y del porcentaje de movimiento catarata que depende de la cantidad de lifter y altura dispuesto en el molino.

FIGURA 3.6.: ANGULO DE LEVANTAMIENTO α Y MOVIMIENTO DE LOS MEDIOS DE MOLIENDA EN EL TRABAJO



Para calcular el ángulo de levantamiento se asume que cada billa es una partícula de masa "m" y que no interactúa con las demás billas ni con el forro ni con el fluido (se asume que el forro transmite íntegramente su velocidad a las partículas que están muy cerca a él). Experimentalmente se ha comprobado que la aproximación es muy buena ya que los choques de las billas al subir y la pérdida de energía con la molienda por frotamiento se anulan con los choques en el pie del molino que ceden energía cinética ganada en la caída por efecto gravitatorio. Se dijo que la fuerza gravitatoria iguala a la fuerza centrífuga de la partícula en el momento de abandonar el forro para iniciar la caída por el plano inclinado; el diagrama de cuerpo libre y las ecuaciones que representan lo señalado se muestra en la figura 3.7.

FIGURA 3.7.: DINAMICA DE UN ELEMENTO MOLTURANTE (6)



$m*g*sen\alpha = m*v^2/(D/2)$ $\rightarrow \alpha = \arcsen(2v^2/D*g)$ en rad

Donde v = velocidad del forro del molino (en m/s)

D = diámetro útil del molino (en m)

g = aceleración de la gravedad = 9.81 m/s^2

La ecuación en función de la velocidad angular N en rpm ($v=\pi*N*D/60$) y reemplazando el valor de la aceleración de la gravedad sería:

$$\alpha = \text{arcsen}(2\pi^2N^2D^2/(60*60*D*9.81)) = \text{arcsen}\ (0.000561D*N^2)$$

Expresando α **en grados sexagesimales** se tiene:

α = 180*arcsen $(0.000561D*N^2)/\pi$ °

Si D se da en milímetros se tiene:

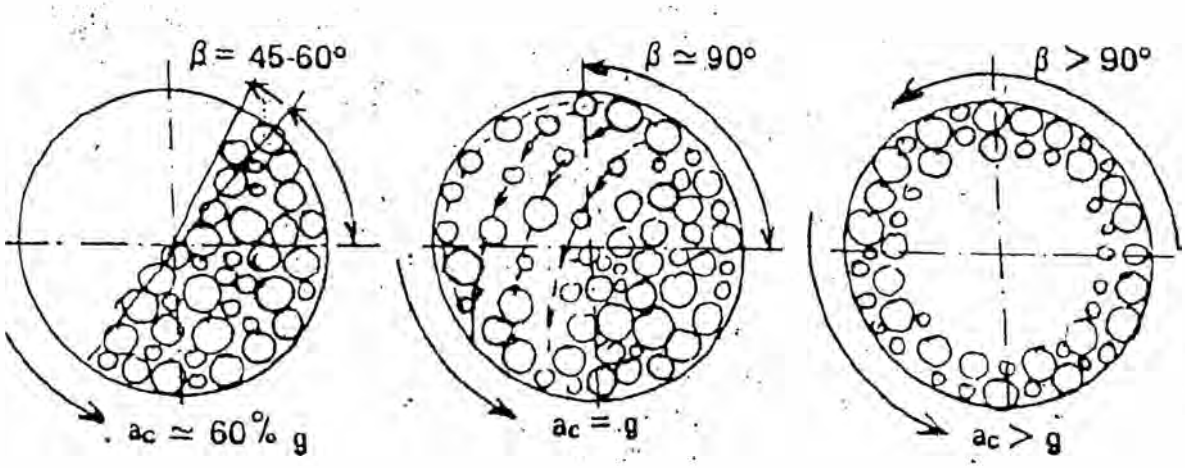
$$\alpha = 180*\text{arcsen}\ (0.000561D*N^2)/(1000*\pi) \quad \ldots\ldots (3.4)$$

Tal como se ve en la figura hay un ángulo β que es el ángulo que incluye el punto más alto de la billa que deja el forro, este es el ángulo de levantamiento total. Cuando no hay levantadores β es ligeramente superior a α y se puede considerar igual. En caso exista levantadores el β es muy superior y depende de la forma del levantador. Esto se tratará más adelante.

c) Velocidad crítica (N_{crit})

Cuando el ángulo de levantamiento a (o levantamiento total b) se hace cada vez cercano a 90° el movimiento se hace más catarata y llegando a los 90° el movimiento de las bolas tiende a pegarse al forro y a no moler nada. Para lograr un mayor ángulo de levantamiento se debe aumentar la velocidad del molino. La velocidad que responda a α=90° (β>90°) se denomina velocidad crítica N_{crit}.

FIGURA 3.8.: VARIACION DEL MOVIMIENTO DE BOLAS A DIFERENTE VELOCIDAD (6)



Para sen90° = 1 = $0.000561*(D/1000)*N_{crit}^2$

Despejando: $\mathbf{N_{crit} = 42.3 / \sqrt{\frac{D}{1000}}}$ ..... (3.5)

d) Porcentaje de velocidad critica (N_c)

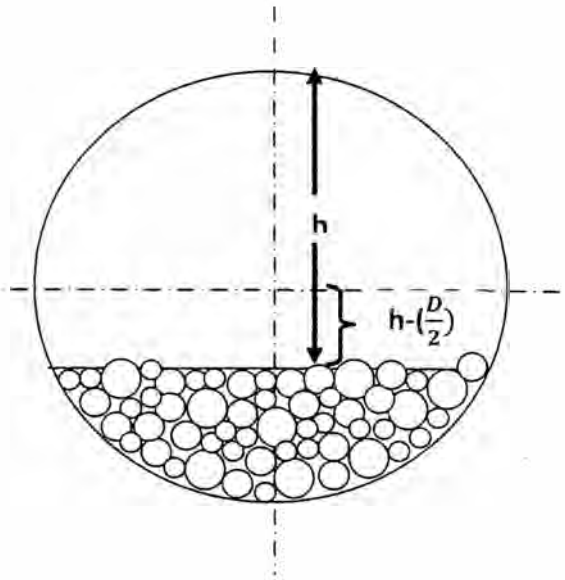
Es la relación entre la velocidad nominal del molino y su velocidad crítica. Esta relación es muy usada en regímenes de velocidad variable lo cual no es el caso pero se menciona por su importancia en el vulgo técnico de molienda.

$$\mathbf{N_c = (N / N_{crit}) \times 100\%} \quad \text{..... (3.6)}$$

e) Altura libre de carga molturante (h)

Es la altura que el operador debe controlar tras cada descarga desde la boca interior del molino hasta tocar el ras de bolas y que debe mantenerlo en un determinado rango para que se cumpla el modelo. En el caso del molino de pasta este es de 1950 mm. como máximo. Esta altura viene determinada por diseño del equipo.

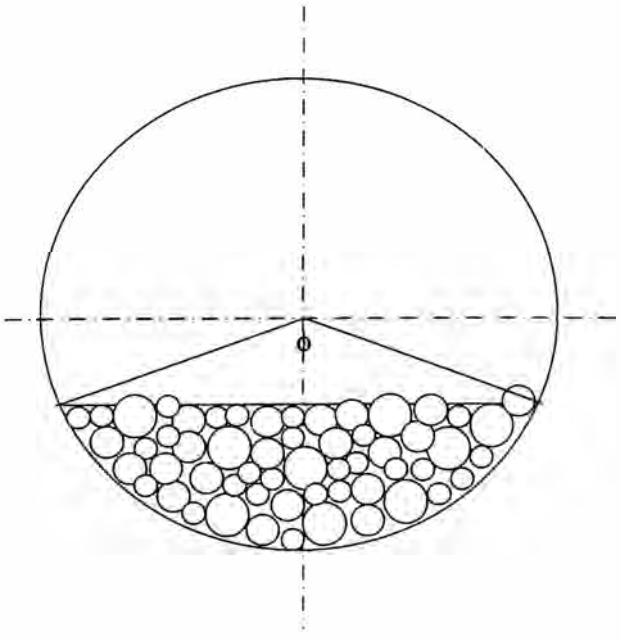
FIGURA 3.9.: ALTURA LIBRE DE CARGA MOLTURANTE



f) Ángulo de distribución de carga molturante (ϕ)

Es el ángulo formado por los radios trazados desde el centro de la sección del molino hasta los extremos del ras de bolas.

FIGURA 3.10.: ANGULO DE DISTRIBUCION DE CARGA MOLTURANTE



$$\phi^\circ = \left(\frac{360}{\pi}\right)\arccos\left(\frac{h-\left(\frac{D}{2}\right)}{D/2}\right) \quad \text{..... (3.7)}$$

g) Nivel de llenado aparente (J)

En molienda convencional que es el caso en estudio, el nivel de llenado aparente es el porcentaje del volumen útil del molino ocupado por las bolas y por sus intersticios. Normalmente no sobrepasa el 50% (oscila entre 20% y 30% de acuerdo a las necesidades y diseño de fabricación). Si se tiene la altura libre se puede calcular el ángulo de distribución de carga molturante ϕ y a partir de allí se halla el volumen del segmento cilíndrico que forma la carga:

$$\text{Vol}_{\text{seg cil}} = \overbrace{\left(\frac{\pi\left(\frac{D}{1000}\right)^2 \emptyset^\circ}{1440} - \frac{\left(\frac{D}{1000}\right)^2 Sen\emptyset^\circ}{8}\right)}^{A_{\text{seg cir}} \text{ en } m^2} L \text{ en litros} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.8)$$

Considerando D y L en mm.

Luego: $J = \frac{VOL_{seg\ cil}}{V} * 100\%$

h) Porcentaje de intersticios en la carga molturante (f)

Es el % del nivel de llenado de espacio intersticial entre las bolas. Cuando el molino está descargado este espacio es ocupado por el aire, pero cuando se carga es ocupado por el medio fluido (en un inicio agua con un nivel de partículas mínimo el mismo que a medida que se va moliendo aumenta su porcentaje de sólidos y su densidad hasta convertirse en una suspensión llamada pulpa con densidad diferente a la de su solvente y soluto).

i) Nivel de sobrellenado de carga a moler (J')

Es el porcentaje del volumen útil del molino ocupado por la carga a moler (en nuestro caso mezcla única de arcilla con agua) que está por encima

del ras de bolas si se detuviera el molino. Cuando se inicia la molienda la carga a moler contiene sólidos de diversos tamaños (algunos superan el tamaño de las bolas como rocas). Por ello el agua no lo disuelve todo a la vez sino progresivamente, es decir, realmente la carga a moler es pulpa de condiciones variables en función al tiempo y sólidos grandes no disueltos que se van moliendo poco a poco por abrasión e impacto. Pero para fines de cálculo en la molienda convencional se asume que el sobrellenado es ocupado por pulpa a condiciones finales de descarga.

$$J' = \frac{(masa\ carga\ a\ moler + masa\ medio\ fluido)}{V_{pulpa}} - fJ \quad \text{.....(3.9)}$$

Considerando $_{pulpa}$ en g/cm3 , V en litros, la masas en kg.

Para el caso de la molienda en estudio, la masa de carga a moler (mezcla única) que se carga a cada molino es de 20 Toneladas (20000kg). Esto representa el 65% en masa de toda la carga inicial, el restante 35% en masa debe ser agua corriente ($_{agua}$=1 g/cm3). Se suele cargar a menos de 20 toneladas y usar agua reciclada de mayor densidad que se carga en mayor volumen para no variar el porcentaje inicial. Pero tomaremos el caso de agua corriente para nuestros análisis. De ser este el caso una regla de tres simple nos dirá que se añade 10750 kg de agua. La suma aritmética de estas masas de carga debe ser las masas de la pulpa final (por la ley de conservación de la masa), aunque realmente se producen ciertas reacciones que varían la viscosidad independientemente del % de sólidos que se mantiene y evitan que la arcilla como aglomerante atrape moléculas de agua en forma de hidratación

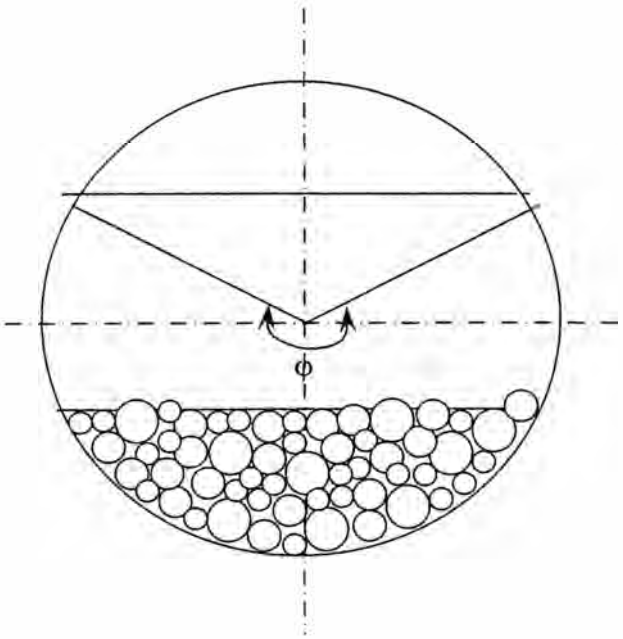
lo cual endurecería en vez de fluir y para un cálculo más exacto debe hacerse estequiometria. Bastará para fines de cálculos mecánicos esta suposición.

ρ_{pulpa} = 1.7 g/cm3

j) Ángulo de sobrellenado (φ)

Es el ángulo formado por los radios trazados desde el centro de la sección del molino hasta los extremos del ras de pulpa sobrellenada por encima del ras de bolas. Cabe resaltar que el nivel de fluido superior permanece paralelo a la horizontal, a diferencia del ras de bolas que forma un riñón al girar y se modela como segmento circular rotado.

FIGURA 3.11.: ANGULO DE SOBRELLENADO



Teniendo como datos el nivel de llenado y el nivel de sobrellenado se puede calcular el área del segmento circular formado tanto por el llenado como el sobrellenado:

$$A'_{seg\ cil} = \frac{(J'+J)*V}{L} \quad \text{en } m^2 \text{ si V en litros y L en milímetros}$$

Empleando la fórmula de cálculo de áreas del segmento circular usada para calcular el nivel de llenado solamente reemplazando ϕ por φ, se tiene:

$$\mathbf{A'_{seg\ cil}} = \left(\frac{\pi(\frac{D}{1000})^2\varphi^\circ}{1440} - \frac{(\frac{D}{1000})^2 Sen\varphi^\circ}{8}\right) = \frac{(J'+J)*V}{L} \quad \text{..... (3.10)}$$

Con esta ecuación se halla φ. Para resolverla se debe aplicar métodos numéricos por la dificultad de tener a la vez un ángulo y su función trigonométrica. Un método puede ser el de la bisección, para lo cual se reescribe la ecuación igualándola a cero y definiendo la función ecuación como:

$$\mathbf{F(\varphi)} = \left(\frac{\pi(\frac{D}{1000})^2\varphi^\circ}{1440} - \frac{(J'+J)*V}{L} - \frac{(\frac{D}{1000})^2 Sen\varphi^\circ}{8}\right) = \mathbf{0} \quad \text{..... (3.11)}$$

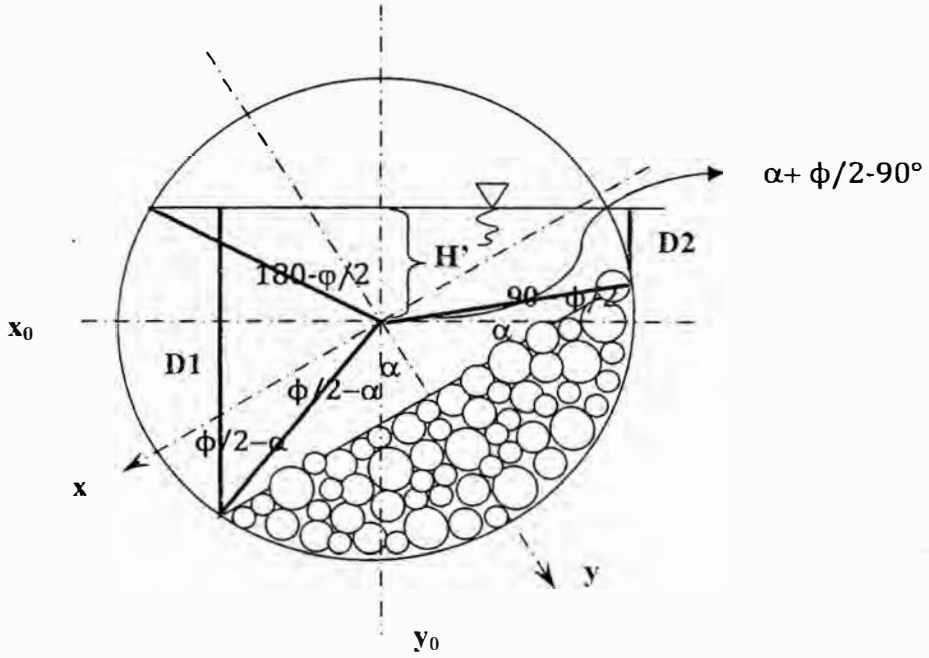
Donde, a su vez: $\mathbf{F_1(\varphi)} = \frac{\pi(\frac{D}{1000})^2\varphi^\circ}{1440} - \frac{(J'+J)*V}{L}$ ..... (3.12)

$$\mathbf{F_2(\varphi)} = \frac{(\frac{D}{1000})^2 Sen\varphi^\circ}{8} \quad \text{..... (3.13)}$$

Graficando F_1 y F_2 como funciones considerando grados sexagesimales, se halla un intervalo del dominio [a,b] en ° donde se encuentra el corte de estas funciones que será donde se localiza el cero del sistema. Luego se seguirá un proceso de iteración empezando por definir a_0=a, b_0=b, $\varphi_0=(a_0+b_0)/2$ que será la iteración cero. El algoritmo para una iteración i>0 será, $a_i=a_{i-1}$ y $b_i=\varphi_{i-1}$ si $f(a_{i-1})f(\varphi_{i-1})<0$ ó $a_i=\varphi_{i-1}$ y $b_i=b_{i-1}$ si $f(a_{i-1})f(\varphi_{i-1})>0$. (7)

Una vez hallado φ se pueden calcular distancias del ras de pulpa sobrellenada respecto a los extremos del ras de bolas y respecto a los ejes x_0-y_0 cuando el molino gira si se desprecia el efecto cortante por viscosidad, a saber:

FIGURA 3.12.: DISTANCIAS QUE DEFINEN LA GEOMETRIA DEL SOBRELLENADO Y EL LLENADO EN TRABAJO



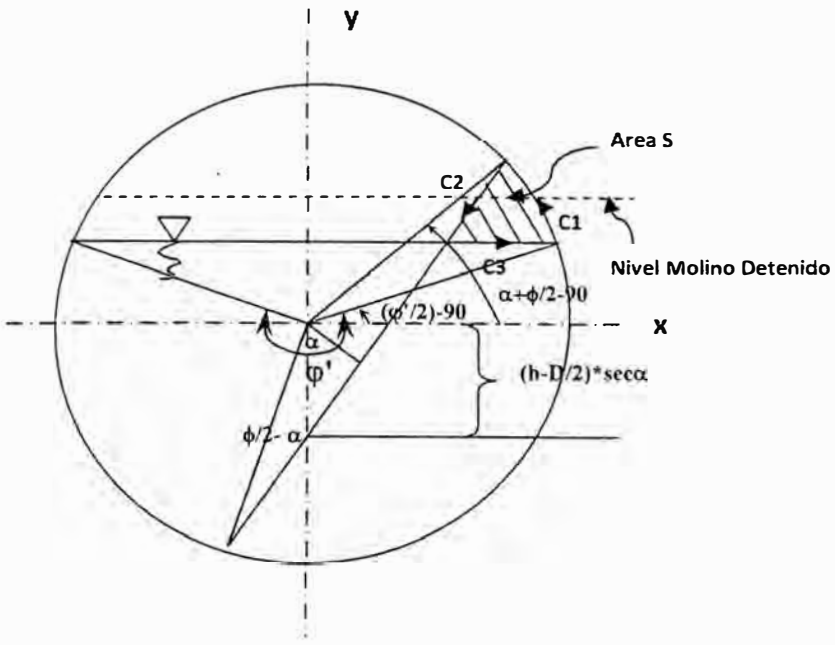
$$H' = \frac{Dcos(180° - \frac{\varphi°}{2})}{2} \quad \text{..... (3.14)}$$

$$D_1 = H' + \frac{Dcos(\frac{\phi°}{2} - \alpha°)}{2} \quad \text{..... (3.15)}$$

$$D_2 = H' - \frac{Dsen(\alpha° + \frac{\phi°}{2} - 90°)}{2} \quad \text{..... (3.16)}$$

Estas fórmulas se cumplen siempre que el ras de pulpa esté por encima del extremo más alto del riñón de bolas, es decir, el riñón está sumergido (D_2>0). Cuando D2<0, el ras de pulpa desciende más de cuando el molino estaba detenido porque ocupa el volumen desalojado del riñón. Para este caso el ángulo de sobrellenado no se mantiene cuando el molino está en trabajo sino disminuye a φ'de la forma exagerada que muestra la figura 3.13.

FIGURA 3.13.: CASO CUANDO UN EXTREMO DEL RAS DE BOLAS ESTA POR ENCIMA DEL NIVEL DE SOBRELLENADO EN TRABAJO



Deduciéndose la ecuación de la recta C2: y=tgα∗x-(h-D/2)*secα

Y la recta C3: $y = \frac{Dcos(180°-\frac{\varphi'°}{2})}{2}$ ambos con valores en milímetros

Siendo el punto de intersección:

$$\left(\frac{Dcos(180°-\frac{\varphi'°}{2})}{2*tg\alpha} + \left(h-\frac{D}{2}\right)*csc\alpha\ ,\ \frac{Dcos(180°-\frac{\varphi'°}{2})}{2}\right)$$

Del gráfico se deduce que la fórmula 3.10. tendría una corrección:

$$A'_{seg\ cil} = \left(\frac{\pi\left(\frac{D}{1000}\right)^2 \varphi'^{\circ}}{1440} - \frac{\left(\frac{D}{1000}\right)^2 Sen\varphi'^{\circ}}{8}\right) = \frac{(J' + J) * V}{L} - S \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.17)$$

Para hallar S y φ' se debe iterar dando valores a φ' y obteniendo un valor de S=S1 con la fórmula 3.17. y otro valor de S=S2 aplicando con el mismo valor asumido de φ'el teorema de green en el sistema coordenado x-y indicado (5), asumiendo el área encerrada por las curvas C1, C2 y C3 (que se deben definir por ecuaciones paramétricas):

$$S = \frac{1}{20000} * \oint_{C1,C2,C3} (-ydx + xdy) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.18)$$

Para valores de x e y en mm y S2 en m2

C1: $y = \frac{Dsen(t)}{2}$, $x = \frac{Dcos(t)}{2}$, $dy = \frac{Dcos(t)}{2}dt$, $dx = -\frac{Dsen(t)}{2}dt$

Con t: $\left(\frac{\varphi'^{\circ}}{2} - 90°\right) * \frac{\pi}{180} \rightarrow \left(\alpha° + \frac{\emptyset°}{2} - 90°\right) * \frac{\pi}{180}$

C2: $y = tg\alpha * t - (h - D/2) * sec\alpha$, $x = t$, $dy = tg\alpha dt$, $dx = dt$

Con t: $\frac{Dcos(\alpha° + \frac{\emptyset°}{2} - 90°)}{2} \rightarrow \frac{Dcos(180° - \frac{\varphi'^{\circ}}{2})}{2 * tg\alpha} + \left(h - \frac{D}{2}\right) * csc\alpha$

C3: $y = \frac{Dcos(180° - \frac{\varphi'^{\circ}}{2})}{2}$, $x = t$, $dy = 0$, $dx = dt$

Con t: $\frac{Dcos(180° - \frac{\varphi'^{\circ}}{2})}{2 * tg\alpha} + \left(h - \frac{D}{2}\right) * csc\alpha \rightarrow \frac{Dcos(\frac{\varphi'^{\circ}}{2} - 90)}{2000}$

El error de iteración será S1-S2 que debe tender a cero. Se puede empezar a iterar con el valor conocido de φ en condiciones de molino detenido e ir disminuyendo los valores, si es que S1-S2 cambia de signo entonces aumentar el valor.

Las fórmulas 3.14, 3.15, y 3.16 se aplicaran con el φ' de molino en trabajo hallado por iteración.

k) Densidad aparente de llenado (ρ_{ap})

En el modelo se considera que los intersticios contienen pulpa a densidad y viscosidad de descarga (realmente no es así pues poco a poco mientras se ejecuta la molienda va variando su viscosidad y densidad). Según esta consideración se asume además que el nivel de llenado es un cuerpo solido de densidad ponderada acorde a los volúmenes ocupados de las densidades de las billas y la pulpa; a esta densidad asumida se conoce como densidad aparente.

$$\rho_{ap} = (1-f)J\rho_{bolas} + fJ\rho_{pulpa} \quad \text{..... (3.19)}$$

En el proceso de molienda en estudio se emplean bolas de alta alúmina con ρ_{bolas}=3.5 g/cm3 y el producto final tiene densidad ρ_{pulpa} = 1.7 g/cm3.

l) Carga de llenado (W_{llen}), brazo de palanca de llenado (c), y torque de carga de llenado (T_{llen})

En el modelo construido al asumir que la carga de llenado es un cuerpo solido (se desprecia el efecto empuje del fluido que experimentalmente es compensado con la dinámica de las bolas interactuando entre sí y con el forro que no se considera), la carga en kN viene a ser la densidad aparente por la gravedad y el nivel de llenado multiplicado por el volumen útil.

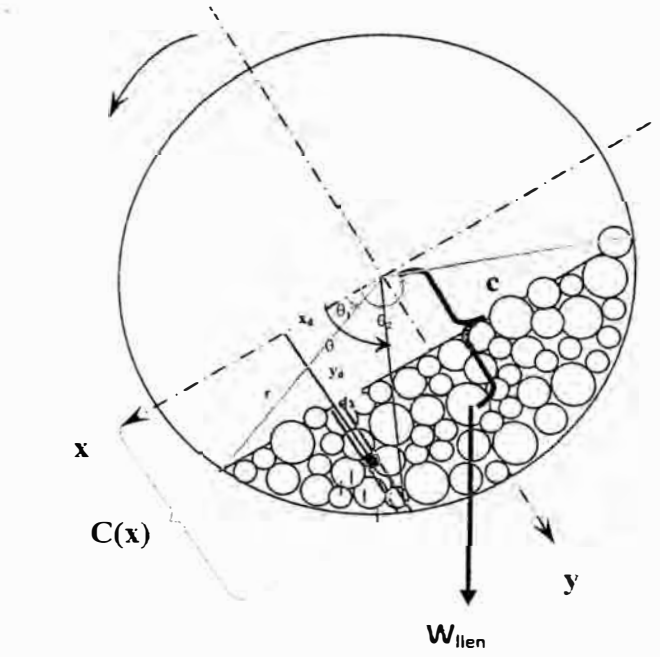
$$W_{llen} = \rho_{ap} * g * J * V/1000 \text{ en kN} \quad \text{..... (3.20)}$$

Con ρ_{ap} está en g/cm^3, g en m/s^2, V en litros

Esta carga mientras el molino gira está descentrada respecto al eje vertical de la sección del molino pues se aplica al centro de gravedad del segmento circular rotado (aproximación al riñón real) que forma la carga de llenado. Para ubicar el centro de gravedad definimos un eje coordenado (x,y) con centro en el centro de la sección del molino, la ordenada positiva y orientada simétricamente hacia el segmento circular rotado y la abscisa positiva orientada hacia el suroeste de la sección. A partir de la abscisa positiva rota hacia la ordenada positiva un ángulo trigonométrico θ en sentido positivo. El segmento circular es barrido desde θ_1 hasta θ_2 de modo que el ángulo de distribución de la carga molturante $\phi = \theta_2 - \theta_1$. El centro de gravedad de un cuerpo se iguala a su centro de volumen si la densidad es uniforme (lo cual se ha asumido en el modelo). Asimismo el centro de volumen en formas prismáticas en su coordenada z (altura del prisma) si el volumen es uniforme estará en el centro de la altura y lo único desconocido serían las coordenadas x e $\bar{y}$ de la sección es decir el centro del área de la sección transversal prismática (en nuestro caso de la sección del molino). Dependiendo de las condiciones simétricas x e $\bar{y}$ pueden o no ubicarse en los ejes de simetría, en el caso en estudio la coordenada x del centro de gravedad es 0 porque y es eje de simetría pero y no es 0 porque x no es simétrico. Nuestro problema es calcular y del área del segmento circular que conforma la sección transversal de carga molturante con sus intersticios. Para ello usaremos el cálculo integral ya que la coordenada y_d de cada elemento diferencial de área $(C(x)-r\text{sen}\theta_1)dx$ (donde

C(x) es la función circunferencia) multiplicada por este diferencial de área es un diferencial de momento de área el mismo que integrado desde θ_1 hasta θ_2 (haciendo la correspondiente transformación a coordenadas polares) nos daría el momento de área total que debe ser igual a la coordenada y del centro de gravedad que queremos hallar multiplicada por el área total de estudio conocida. El valor absoluto de esta coordenada y es igual a c el brazo de palanca de llenado. Expresando todo esto en gráficas y ecuaciones se tiene:

FIGURA 3.14.: PESO DEL LLENADO



$$\bar{y}A_{seg\ cir} = \int_{\theta 1}^{\theta 2} y_d dA_{seg\ cir} \ldots. (1)$$

Por geometría y trigonometría elemental y cambiando a coordenadas polares:

$$y_d = \left[\frac{C(x)-rsen\theta_1}{2}\right] + rsen\theta_1 = \frac{rsen\theta+rsen\theta_1}{2} \ldots (2)$$

$$dA_{seg\ cir} = (C(x) - rsen\theta_1)dx = (rsen\theta - rsen\theta_1)d(rcos\theta)$$

$$dA_{seg\ cir} = (rsen\theta - rsen\theta_1)(-rsen\theta d\theta) \ldots (3)$$

Reemplazando (2) y (3) en (1):

$$\bar{y}A_{seg\ cir} = \int_{\theta 1}^{\theta 2} \left(\frac{rsen\theta + rsen\theta_1}{2}\right)(rsen\theta - rsen\theta_1)(-\mathrm{rsen}\theta \mathrm{d}\theta)$$

$$\bar{y}A_{seg\ cir} = \int_{\theta 1}^{\theta 2} \left(\frac{sen^2\theta - sen^2\theta_1}{2}\right)(-\mathrm{r}^3 \mathrm{sen}\theta \mathrm{d}\theta)$$

$$\bar{y}A_{seg\ cir} = \int_{\theta 1}^{\theta 2} \left(\frac{sen^2\theta_1 sen\theta - sen^3\theta}{2}\right)(\mathrm{r}^3 \mathrm{d}\theta)$$

$$\bar{y}A_{seg\ cir} = \int_{\theta 1}^{\theta 2} \left(\frac{sen^2\theta_1 sen\theta}{2}\right)(\mathrm{r}^3 \mathrm{d}\theta) - \int_{\theta 1}^{\theta 2} \left(\frac{sen^3\theta}{2}\right)(\mathrm{r}^3 \mathrm{d}\theta)$$

$$\bar{y}A_{seg\ cir} = \left(\frac{r^3 sen^2\theta_1}{2}\right)\int_{\theta 1}^{\theta 2}(sen\theta)(\mathrm{d}\theta) - \left(\frac{r^3}{2}\right)\int_{\theta 1}^{\theta 2}(sen^3\theta)\,(\mathrm{d}\theta)$$

$$\bar{y}A_{segcir} = -\left(\frac{r^3 sen^2\theta_1}{2}\right)(cos\theta_2 - cos\theta_1) + \frac{1}{3}\left(\frac{r^3}{2}\right)[(2 + sen^2\theta_2)cos\theta_2 - (2 + sen^2\theta_1)cos\theta_1] \ldots (4)$$

Por la simetría se cumple que $\theta_2 = 180° - \theta_1$. Como θ_1 está siempre en el primer cuadrante trigonométrico y θ_2 en el segundo cuadrante se cumple que:

$sen\theta_2 = sen\theta_1$ y $cos\theta_2 = -cos\theta_1$

Reemplazando en (4) se tiene que:

$$\bar{y}A_{seg\ cir} = (r^3 sen^2\theta_1)(cos\theta_1) + \frac{1}{3}\left(\frac{r^3}{2}\right)[-2(2 + sen^2\theta_1)cos\theta_1]$$

$$\bar{y}A_{segcir} = (r^3 sen^2\theta_1)(cos\theta_1) - \frac{1}{3}(r^3)[(sen^2\theta_1)cos\theta_1] - \frac{1}{3}(r^3)[2cos\theta_1]$$

$$\bar{y}A_{seg\ cir} = \frac{2}{3}(r^3)[(sen^2\theta_1)cos\theta_1] - \frac{2}{3}(r^3)[cos\theta_1]$$

$$\bar{y}A_{seg\ cir} = -\frac{2}{3}(r^3)[(cos^3\theta_1)] = \frac{2}{3}\left(\left(\frac{D}{2}\right)^3\right)\left[\left(cos^3\left(90 - \frac{\phi^\circ}{2}\right)\right)\right]$$

$$\mathbf{c = |\bar{y}| = \left| \frac{\frac{2}{3}\left(\left(\frac{D}{2}\right)^3\right)\left[\left(cos^3\left(90 - \frac{\phi^\circ}{2}\right)\right)\right]}{\text{Aseg cir segun fórmula 2.8.} * 1000000} \right|} \quad \ldots\ldots\ldots\

por 100000 para expresarlo en mm2 ya que el numerador está en mm^3, obteniendo c en mm. (9)

Luego, el torque que se tiene que vencer para mantener en movimiento el molino es el que produce la carga y es igual a:

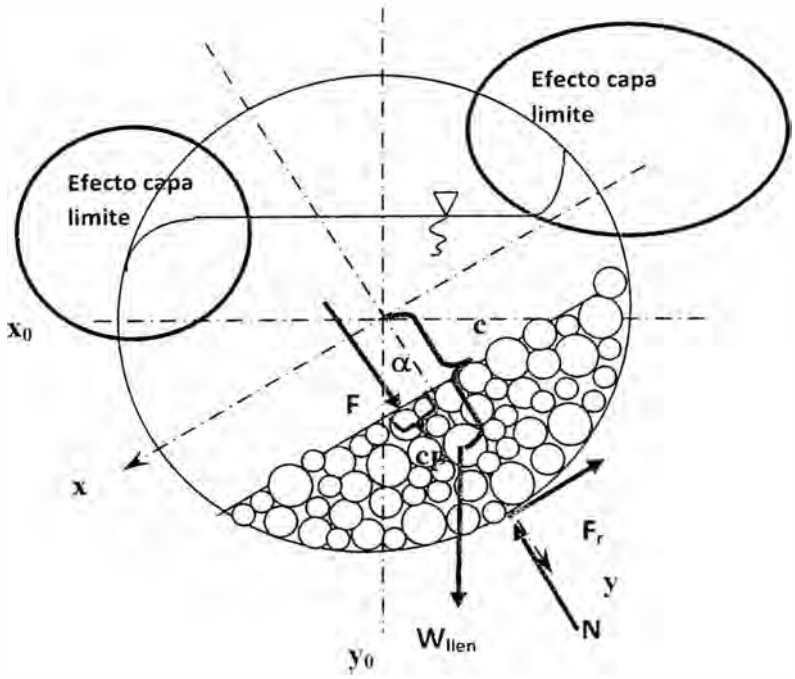
$$T_{llen} = c*W_{llen}*sen\alpha\ /1000 \text{ en kNm} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.22)$$

Con c en mm, W_{llen} en kN

m) Fuerzas y torques por efecto del sobrellenado, carga total vertical por llenado y sobrellenado

Si en un esquema del molino incluyendo la carga de sobrellenado, se hace un diagrama de cuerpo libre de solamente la carga de llenado interactuando con el forro del molino y el sobrellenado se tiene:

FIGURA 3.15.: DCL DE LA CARGA DE LLENADO CON EFECTO DE SOBRELLENADO



Donde: W_{llen} : Carga del llenado

N : Reacción normal de la estructura del molino hacia la carga del llenado

Fr: Fuerza de rozamiento entre el forro (estructura) y las bolas (que permite su levantamiento)

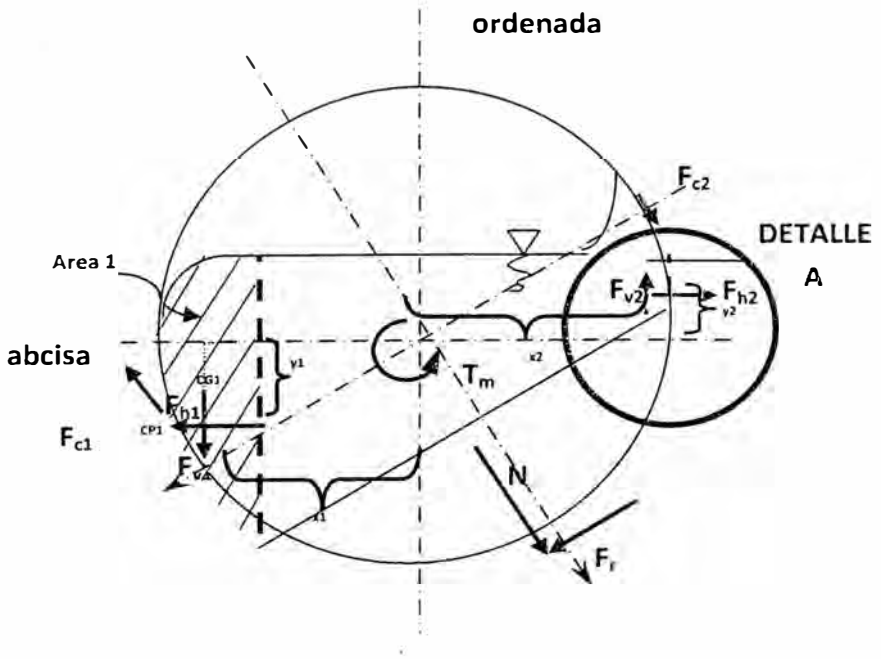
F: Fuerza de la pulpa hacia el ras de bolas dirigido hacia el centro de presiones del plano inclinado

De la grafica, por ley de Newton $\sum Mo = 0$:

$$F_r*(\frac{D}{2}) = W_{llen}*sen\alpha*c - F*cp \quad .... \quad (a)$$

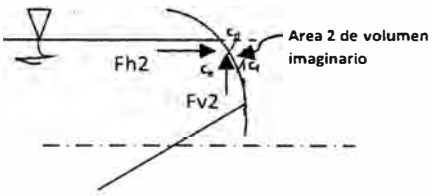
Haciendo ahora un DCL de la estructura se tiene:

FIGURA 3.16.: DCL DE LA ESTRUCTURA DEL TAMBOR CONSIDERANDO LLENADO Y SOB RELLENADO

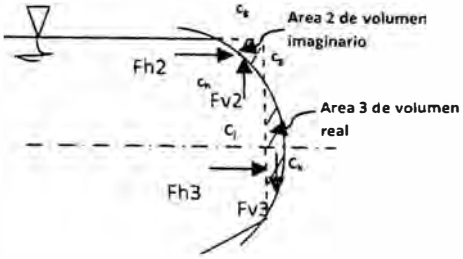


OPCIONES DE DETALLE A:

(a) Extremo de llenado encima de eje de simetría



(b) Extremo de llenado debajo de eje de simetría



Donde T_m : Torque motriz

N : Reacción normal de la carga del llenado hacia la estructura del molino

Fr: Fuerza de rozamiento entre el forro (estructura) y las bolas (que permite su levantamiento)

Fh1: Componente horizontal de la fuerza de la pulpa hacia el área lateral curva 1 del molino

Fv1: Componente vertical de la fuerza de la pulpa hacia el área lateral curva 1 del molino

Fh2: Componente horizontal de la fuerza de la pulpa hacia el área lateral curva 2 del molino

Fv2: Componente vertical de la fuerza de la pulpa hacia el área lateral curva 2 del molino

Fh3: Componente horizontal de la fuerza de la pulpa hacia el área lateral curva 3 del molino (opcional)

Fv3: Componente vertical de la fuerza de la pulpa hacia el área lateral curva 3 del molino (opcional)

Fc1: Fuerza cortante por el contacto con la curva 1 influenciado por la capa limite viscosa

Fc2: Fuerza cortante por el contacto con la curva 2 y 3 influenciado por la capa límite viscosa

De la grafica, por ley de Newton $\sum Mo = 0$:

$$T_m = (F_r*(\frac{D}{2}) + F_{h1}*(y1) + F_{h2}*(y2) - F_{h3}*(y3) - F_{v1}*(x1) - F_{v2}*(x2) + F_{v3}*(x3) + F_{c1}*(D/2) + F_{c2}*(D/2))/1000 \quad (b)$$

Reemplazando (a) en (b) se tiene la ecuación del torque motriz necesario para mover el molino sin considerar efecto viscoso y efecto lifter:

$$T_m = (W_{llen}*sen\alpha*c - F*cp + F_{h1}*(y1) + F_{h2}*(y2) - F_{h3}*(y3) - F_{v1}*(x1) - F_{v2}*(x2) + F_{v3}*(x3) + Fc1*(D/2) + Fc2*(D/2))/1000 \text{ en kNm} \quad (3.23)$$

El cálculo de las fuerzas verticales y horizontales de forma cuasi exacta es complicado, se tendría que recurrir a las ecuaciones de Stokes o al modelo de Von Karman en placas cilíndricas y con gradiente de presión y volumetría. Esto se complicaría en los períodos iniciales de la molienda de considerar el efecto semiautógeno de las partículas grandes. No es objeto del presente estudio modelar un proceso cuasi exacto de molienda por ello se tomará la aproximación tradicional:

$$T_m = (W_{llen}*sen\alpha*c)/1000 \text{ en kNm} \quad (3.24).$$

Y para la carga vertical sobre el tambor con fines de cálculo de vida útil de rodamientos, se añadirá al Wllen un efecto de peso del sobrellenado (se

despreciará alguna fuerza horizontal resultante por el efecto viscoso, se considera que las fuerzas horizontales de presión de fluido se anulan la dirigida hacia la curva 1 con la dirigida a la curva 2 y 3 del molinos). En consecuencia:

$$W_{carga} = W_{llen} + W_{sob}$$

$$W_{sob} = \rho_{pulpa} * g * J' * V/1000 \text{ en kN} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.25)$$

Con ρ_{pulpa} en g/cm^3, g en m/s^2, V en litros

n) Influencia de forros con levantadores (lifter) en la carga y potencia efectiva

No se ha encontrado documentación sobre cuantificación de la influencia de los lifter sobre el torque efectivo, se asume compensado por las bolas que en movimiento catarata no cargan peso al molino. Por tanto:

$$T_{ef} = T_m \text{ en kNm}$$

Y la potencia efectiva:

$$P_{ef} = T_{ef} * (\text{velocidad angular del molino en rad/s})$$

$$P_{ef} = T_{ef} * \pi * N/30 \text{ en kW con N en RPM} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.26)$$

3.2.2. CALCULO DE LAS CARGAS MECÁNICAS EN LOS COMPONENTES MECÁNICOS CRITICOS DEL MOLINO.

Las cargas mecánicas con los cálculos previos ya están valorizadas, faltaría ubicarlas en un diagrama de cuerpo libre en el plano vertical y horizontal (vista en planta) del molino con la inclusión del peso de la estructura

del tambor y del revestimiento (que no se consideraron en la sección transversal por no influir en el torque ya que se aplican a los ejes de simetría), y hallar las reacciones en los apoyos y la fuerza producida por la transmisión (en el caso analizado fajas) aplicando las ecuaciones de equilibrio de Newton.

3.3. VIDA UTIL TEORICA DE COMPONENTES CRITICOS DE LOS MOLINOS ESTUDIADOS

3.3.1. VIDA UTIL TEORICA DE RODAMIENTOS

La vida útil de rodamientos con una significancia experimental del 10% (acorde a normas de los fabricantes de rodamientos) que funcionan a rotación continua mayores a 10 RPM (caso de los molinos de pasta) se aproximan mediante un criterio teórico de la resistencia de materiales que es la falla por fatiga. El criterio relaciona la carga dinámica de diseño (según ensayos del material y la geometría de las partes del rodamiento) y la carga hallada mediante diagrama de cuerpo libre y las leyes de Newton (4). Pero como estas fórmulas no consideran condiciones reales de lubricación, valor del límite de fatiga, partículas en el medio ambiente, y niveles menores de significancia requeridos para ciertas aplicaciones, tomaremos la fórmula clásica multiplicada por los factores a_0 (factor de confiabilidad diferente al 90%) y a_{SKF} (factor que involucra el nivel de contaminación, las variaciones de la viscosidad con la temperatura, y el límite de fatiga de ensayo) que aparecen en el website de SKF (5), a saber :

$L_{10} = a_1 * a_{SKF} * (\frac{C}{R})^p$ en millones de revoluciones donde:

C = Capacidad de carga dinámica en kN

R = Carga dinámica radial equivalente sobre el rodamiento en kN.

R = X F_r + Y F_a con X = carga radial real, Y = carga axial real, F_r y F_a factores radial y axial cuyos valores empíricos se dan en diagramas y tablas.

p = exponente: 3 para rodamiento de bolas; 10/3 para rodamiento de rodillos

Expresando en horas de servicio:

$L_{10h} = \frac{1000000L10}{60N}$ con N = rpm .....(3.27)

Para el cálculo de a_1 se usa la tabla 2.2. y para el cálculo de a_{SKF} se debe hallar previamente el factor de contaminación η_c (tabla 3.3.), la carga límite de fatiga Pu que se encuentra en los catálogos de rodamientos, y junto con el dato de la carga dinámica P hallar $\eta_c*(P_u/P)$ y con esto entrar en el eje de abscisas de la figura 2.15., trazando una vertical hasta que corte la curva de relación de viscosidades $\kappa = \upsilon/\upsilon 1$ y proyectándolo a la ordenada. Los valores de la viscosidad cinemática requerida (u1) y la viscosidad cinemática por el lubricante empleado y la temperatura de funcionamiento (u) se pueden hallar con las figuras 3.18 y 3.19 respectivamente.

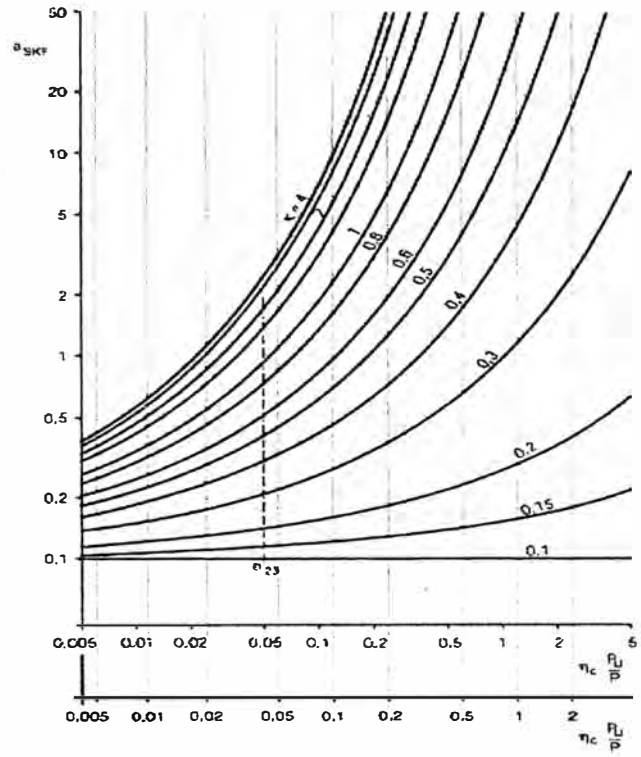
TABLA 3.2.: FACTOR DE CONFIABILIDAD a_1 (8)

Fiabilidad	Probabilidad de fallo	SKF vida nominal	Factor a1
	n	L_{nm}	a_1
%	%		
90	10	L_{10m}	1
95	5	L_{5m}	0,62
96	4	L_{4m}	0,53
97	3	L_{3m}	0,44
98	2	L_{2m}	0,33
99	1	L_{1m}	0,21

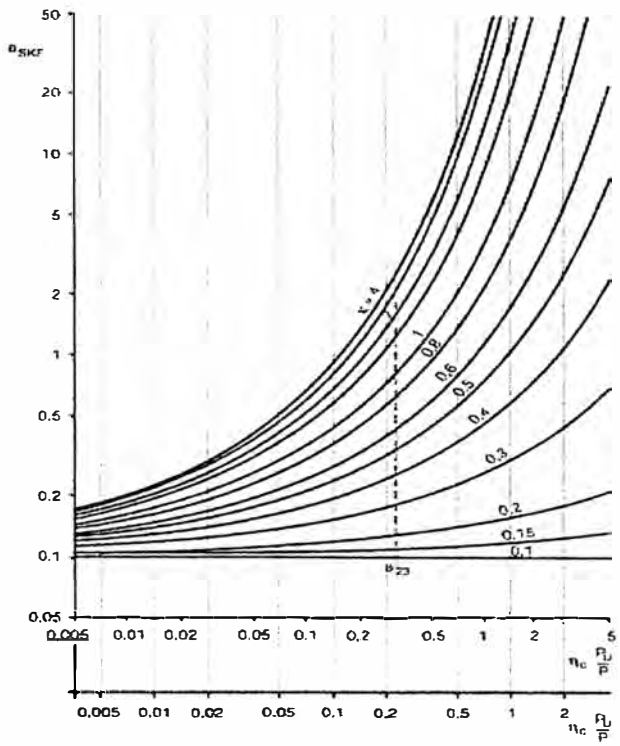
TABLA 3.3.: FACTOR DE CONTAMINACION DE RODAMIENTOS η_c (8)

CONDICIÓN	FACTOR η_c DE CONTAMINACION DE RODAMIENTOS	
	dm<100	dm>=100
Limpieza extrema, tamaño de las partículas del orden del espesor de la película de lubricante, condiciones de laboratorio	1	1
Gran limpieza, aceite filtrado a través de un filtro extremadamente fino, condiciones típicas de los rodamientos engrasados de por vida y obturados	0.8 - 0.6	0.9 - 0.8
Limpieza normal, aceite filtrado a través de un filtro fino, condiciones típicas de los rodamientos engrasados de por vida y con placas de protección	0.6 - 0.5	0.8 - 0.6
Contaminación ligera, contaminación ligera del lubricante	0.5 - 0.3	0.6 - 0.4
Contaminación típica, condiciones típicas de los rodamientos sin obturaciones integrales, filtrado grueso, partículas de desgaste y entrada de partículas del exterior	0.3 - 0.1	0.4 - 0.2
Contaminación alta, entorno del rodamiento muy contaminado y disposición de rodamientos con obturación inadecuada	0.1 - 0	0.1 - 0
Contaminación muy alta	0	0

FIGURA 3.17.: ÁBACOS PARA CALCULAR FACTOR a_{SKF} (8)



(a) Para rodamientos radiales de bolas



(b) Para rodamientos radiales de rodillos

FIGURA 3.18.: υ1 (8)

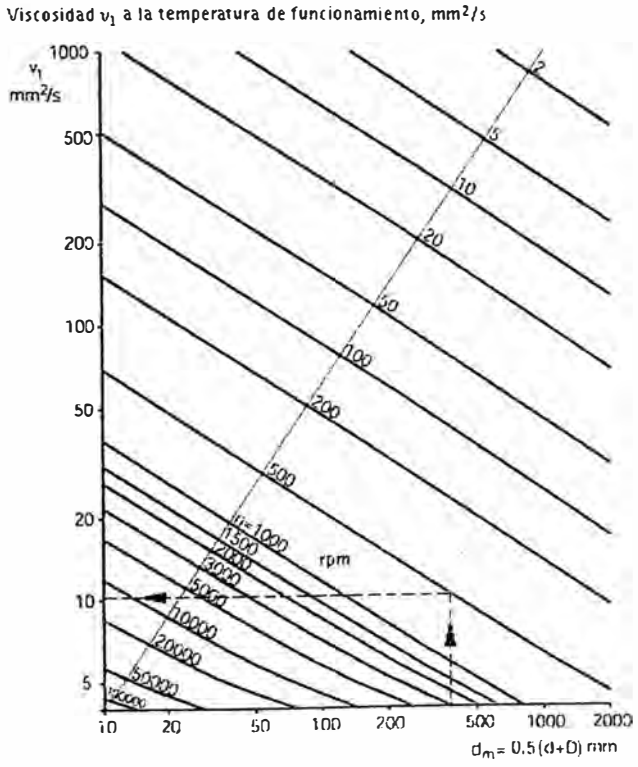
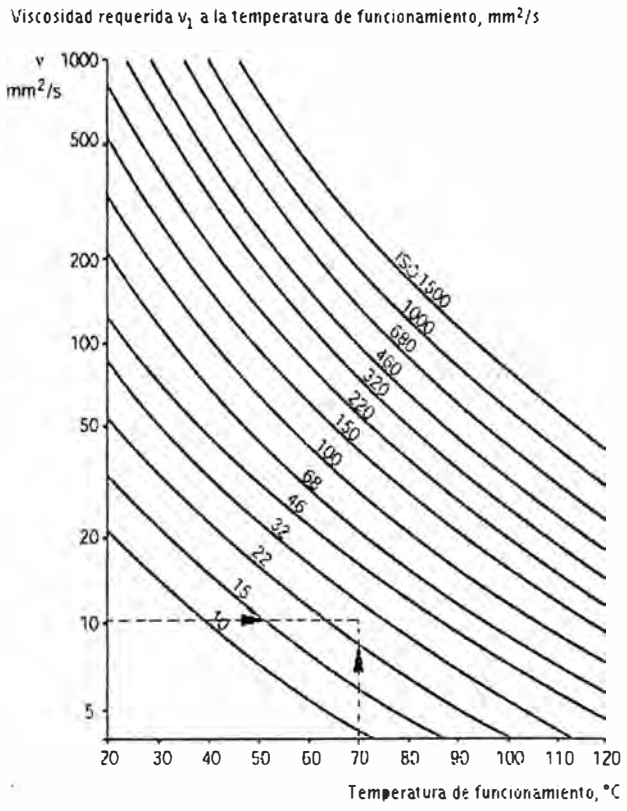


FIGURA 3.19.: υ (8)



3.3.2. VIDA UTIL TEORICA DE CORREAS DE TRANSMISION

La vida útil de fajas con una significancia experimental del 10% se halla con el método goodyear que análogamente al caso de rodamientos, adopta el criterio por fatiga basado en fuerzas. La fórmula aplicable a las correas de perfil estrecho 5V usados en el molino (fajas de segunda transmisión y fajas de motorización) es la siguiente (9):

$$H = 1477 \cdot \frac{L_n^{1,25}}{v} \cdot \left(\frac{T_{fat}^{m}}{T_1^{m} + T_2^{m}} \right) \quad \text{(Horas)} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.28)$$

L_n: Longitud nominal de correa en mm

v: velocidad de la correa en m/s

T_{fat}: Fuerza por fatiga en N (valores en tabla 3.4.)

m: Exponente de fatiga (se asume 11.1, valor recomendado en la referencia)

T_1,T_2: Fuerza a la entrada de cada polea en el ramal de carga en N según las siguientes fórmulas:

$$T_1 = S_0 + 500 \cdot \frac{N_D}{z \cdot v} + T_{fc} + T_{flex1} \quad (N)$$

$$T_2 = S_0 + 500 \cdot \frac{N_D}{z \cdot v} + T_{fc} + T_{flex2} \quad (N)$$

$$T_{fc} = \rho \cdot v^2 \quad (N)$$

$$T_{flex1} = 589 \cdot \frac{C_b}{d_1^{1,5}} \quad (N)$$

$$T_{flex2} = 589 \cdot \frac{C_b}{d_2^{1,5}} \quad (N)$$

Donde:

S_0: Tensión estática calculada en función de la fuerza de control recomendado por el fabricante SACMI del molino en el manual de máquina, y aplicando el criterio del epígrafe 3.4.2. de la referencia (9).

N_D: Potencia de diseño en kW. Para ello aplica los factores de servicio a la potencia en cada entrada de transmisión (10).

T_{fc}: Fuerza centrífuga en N

T_{flex1}: Fuerza de flexión de la correa sobre la polea motriz (N)

T_{flex2}: Fuerza de flexión de la correa sobre la polea conducida (N)

Z: Número de correas de la transmisión

V: Velocidad de faja en m/s

TABLA 3.4.: COEFICIENTES PARA EL CALCULO DE VIDA UTIL SEGÚN MÉTODO GOODYEAR (9)

Perfil	ρ (Kg /m)	Factor C_b		T_{fat} (N)
		Flexión normal	Flexión inversa	
A	0,11	399	479	418
B	0,20	1701	1943	727
C	0,33	5069	8926	1288
D	0.68	21561	25873	2664
AX	0.08	294	353	308
BX	0,13	1266	1446	541
CX	0.23	3940	6938	1000
SPZ	0,07	563	732	474
SPA	0,12	2105	4320	858
SPB	0,21	4659	8926	1242
SPC	0.36	6304	12077	1680
XPZ	0.06	470	611	396
XPA	0.11	1735	3324	707
XPB	0,18	3000	5748	800
XPC	0,34	5540	10110	1480
3V	0,06	470	611	396
5V	0,21	4659	8926	1242
8V	0,56	7950	15231	2120
3VX	0.06	470	611	396
5VX	0,18	3000	5748	800

Dado que para fajas de perfil E no hay datos emplearemos para la correa que mueve el tambor que presenta dicho perfil, el método de máximo

esfuerzo normal (emplea el criterio por fatiga pero con esfuerzos) con esfuerzo de fatiga obtenido de ensayos de laboratorio $\sigma_{fat} \approx 9$ MPa; ciclos de fatiga obtenido de ensayos de laboratorio $N_b = 107$ ciclos; exponente de fatiga $m \approx 8 - 12$; número de poleas $n_p=2$ (9):

$$H = \frac{N_b}{3{,}6 \cdot 10^6 \cdot \frac{v}{L_n} \cdot n_p} \left(\frac{\sigma_{fat}}{\sigma_{max}}\right)^m \quad \text{(horas)} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.29)$$

Donde: $\sigma_{max} = \sigma_0 + \frac{\sigma_p}{2} + \sigma_v \div \sigma_{flex1}$ (MPa)

$$\sigma_0 = \frac{S_o}{A} \text{ (MPa)} \qquad \sigma_V = \frac{q \cdot v^2}{1000 \cdot g} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_P = \frac{1000 \cdot N_D}{z \cdot v \cdot A} \text{ (MPa)} \qquad \sigma_{flex} = E_{flex} \cdot \frac{2 \cdot y_o}{d} \text{ (MPa)}$$

Considerando el peso específico de la correa q= 12.5 N/m3, módulo de elasticidad a la flexión E_{flex} = 80 – 100 MPa, distancia desde la línea neutra y0 = mitad de la altura de la correa, d = diámetro de la polea menor, A = área de la sección transversal en mm^2 (para fajas E no existe mucha información se ha tomado su medida geométrica multiplicada por 1.2 ya que la sección tomada es la equivalente entre el caucho y sus fibras).

3.3.3. VIDA UTIL TEORICA DE ELEMENTOS DE FRENO

Para definir una vida útil teórica de los elementos de freno se tomará las recomendaciones de aplicaciones en maquinaria pesada (ya que son una adaptación de este sector a la aplicación de molienda).

- Cáliper, cada 1500 horas
- Disco y pastillas:

a) Rectificación de medidas del disco y revulcanizado de la pastilla a la medida, cada 1500 horas

b) Cambio del disco: Por hermanado de piezas junto con el cambio de eje polea y/o rodamientos de la segunda transmisión (se requiere retirar estos para hacer el cambio).

- Control de fugas, purga, y control de nivel de líquido de freno (según manual cada semana).
- Bomba de freno, cada 1500 horas
- Pistón de bomba de freno, cada 1500 horas
- Válvula neumática de freno:

a) Cambio de filtros de sonorización, semanal

b) Cambio de bobinas, anual

c) Cambio total de válvula neumática

- Presostato de freno
- Unidad de mantenimiento de aire

3.3.4. VIDA UTIL TEORICA DE BOBINADOS Y NUCLEOS MAGNETICOS DE MOTORES ELÉCTRICOS

No se ha encontrado en la literatura una fórmula o criterio para calcular cuánto debe durar un cable cualesquiera sometido a su corriente nominal. Mucho menos los cables esmaltados de uso en el bobinado. Tampoco para los

núcleos estatórico y rotórico. Se ha considerado por la experiencia tomar la vida útil de sus rodamientos como patrón para someter al bobinado a un lavado, re barnizado y horneado y a una prueba de los núcleos.

3.3.5. VIDA UTIL TEORICA DE ELEMENTOS ELECTRICOS DE CIERRE Y APERTURA

Los contactores de fuerza (para el caso del molino de pasta analizado se emplean 3 contactores de arranque estrella-triángulo para el motor principal y 3 contactores de arranque estrella-triángulo para el motor auxiliar) pueden fallar por desgaste o roturas de partes mecánicas vinculadas al acto de apertura, cierre, y protecciones a enclavamiento manual (vida útil mecánica) y por capacidad de disipación del arco eléctrico (vida útil eléctrica). La vida útil mecánica se ha obtenido del fabricante del componente SIEMENS (y la mayoría de fabricantes ofrecen este valor como mínimo) en 10000000 de operaciones (una operación equivale a un cierre o a una apertura) (11). La vida útil eléctrica no se ha encontrado en información de la marca usada pero si en otras como DANFOSS. Esta se calcula con una curva pero para fines prácticos asumiremos un 7% de la vida mecánica o sea 700000 operaciones. A esta vida se debería cambiar los contactos y la bobina del elemento. No obstante a la velocidad de cambios tecnológicos aparecen nuevas series que descontinúan productos y es difícil depender de repuestos, además que en contactores relativamente pequeños es mejor el cambio total del dispositivo.

Existe un factor no considerado que es el uso en horas a corriente nominal y los agentes ambientales. Se observa su gran influencia en la formación de carbonilla o sulfatación del cobre, basta comparar un contactor estrella con un delta de un sistema de arranque estrella triangulo, luego de un tiempo de uso, el estrella que solo funciona en el arranque aparece con menos carbonilla que el contactor delta teniendo el mismo nivel de operaciones. O un contactor funcionando en ambiente de polución con otro en ambiente limpio. Para un ambiente severo de polvo como la molienda consideraremos y factor de eficiencia de 0.5 (50% de probabilidad que sea afectado o no, se tomará el caso desfavorable), el tema de la continuidad del servicio se asumirá el factor de servicio del motor correspondiente (clase F 1.1).

Para la molienda existe en condiciones perfectas de operación, 6 maniobras (2 por arranque y parada durante el arranque para cambiar la tapa de descarga a tapa de trabajo, 2 por arranque y parada del tiempo de trabajo, y 2 por arranque y parada para colocar la tapa). Pero existe la eventualidad de que la tapa a veces no se coloca con precisión en la parte superior, y que el arranque sea fallido, por ello se asumirá el doble es decir 12 maniobras operacionales por molinada. Considerando 3 molinadas diarias se tendría 36 maniobras operacionales por día o por cada 24 horas. Adicionalmente cuando hay fallos y se requiere el servicio de mantenimiento, para el diagnóstico o para verificar su trabajo necesita arrancar el molino y son varias las maniobras que hace. Se asumirá que por intervención hace 6 maniobras (2 de diagnóstico, 2 de prueba, 2 regulación y puesta de cubiertas). El MTBF por

molino deducido una modelación estadística de los fallos nos brindara cada qué tiempo se suscitan las maniobras. La fórmula de vida útil en horas calendario (VH) seria:

$$VH = \frac{\frac{VIDA\ UTIL\ ELECTRICA\ DEL\ DISPOSITIVO\ EN\ MANIOBRAS}{FACTOR\ SERVICIO\ MOTOR} * EFICIENCIA\ CONTAMINACION}{\frac{MANIOBRAS\ OPERACIONALES\ DIARIAS}{24} + \frac{MANIOBRAS\ DE\ MANTENIMIENTO}{MTBF} * \frac{HORAS\ OPERATIVAS\ DIARIAS}{24}}$$

..... (3.30)

3.4. ANALISIS ESTADÍSTICO HISTÓRICO DEL MANTENIMIENTO (12) (13)

Primero se debe definir el equipo o equipos a los cuáles se va a enfocar las frecuencias de intervenciones. Ninguno de estos equipos debe ser componente o parte de otro al que se le va a aplicar tales intervenciones, ya que estas deben realizarse de forma independiente en cada equipo y deben estar enfocados a la totalidad de sucesiones (partes) de cada uno (no es que al intervenir el equipo solo se debe enfocar a un componente, es a la totalidad de los mismos).

El análisis estadístico busca establecer un modelo de la vida del equipo objetivo. Llegado a un tiempo determinado por la vida útil de diseño de los repuestos el equipo se declara muerto. Para resucitarlo se debe hacer un overhaul que restablezca la confiabilidad al máximo (casi 100%), es decir, cambiar o hacer una inspección de altísima confiabilidad de componentes destinados a fallar antes que componentes estructurales (caso rodamientos, sellos, fajas, contactores, fusibles, relés, cables, pernería, acoplamientos,

poleas, ejes menores) y reparar daños a componentes estructurales (como un eje grande, el cilindro de molienda, alojamientos estructurales, motores grandes, cimentaciones y estructuras) o hacer el reemplazo por uno nuevo. Definir la vida útil de diseño de un equipo es dificultoso porque la vida útil de diseño teórico de cada repuesto o equipos hijos es diferente uno de otro. Normalmente se escoge rodamientos de difícil acceso o componentes estructurales como carcasas, cuerpos, blocks, ejes, etc. cuya mantención demora varios días. En este caso se establece frecuencias iguales a la vida útil del componente con menor vida (o algo menor de esta cifra de modo que en algún punto repetitivo de esta frecuencia igualará a la vida útil de otro repuesto). Pero esto no quiere decir que en cada parada no se va a tocar el componente o sucesión del equipo intervenido que contiene un repuesto que aún no ha llegado a su vida útil. Por el contrario así no se hagan los cambios estos se deben desmontar, desarmar o al menos descubrirlo visualmente a fin de observar internamente si no hay anormalidades y hacer algunos cambios mínimos que garanticen la recuperación del nivel total de confiabilidad del equipo intervenido (como pernería, visores, limpieza total interna, cambios de lubricante (la grasa también se cambia, no solamente el aceite), revisión de ajustes y corrección de aquéllos que están fuera de rango, etc.). Debe tenerse en cuenta que la estadística estará asumiendo que cuando el equipo empiece de nuevo a producir la confiabilidad de que no va a fallar vuelve a casi el 100% y va disminuyendo mientras transcurre en forma acumulativa los tiempos de operación del equipo a lo largo del tiempo calendario, y, si solamente se interviene un componente o un grupo de componentes, el riesgo es mayor. Las

obras civiles u otras intervenciones sumamente costosas como por ejemplo en nuestro caso cambiar el cilindro completo del molino o volver a hacer una nueva cimentación o nuevas columnas pueden obviarse hasta los 20 años luego de los cuáles se recomienda ir renovando progresivamente estos elementos o aplicar otras técnicas de mantenimiento más modernas porque ya no serían confiables. Pero de todos modos durante las intervenciones deben revisarse estos elementos desarmando componentes o piezas que obstruyan su inspección completa en el proceso operativo o en paradas más sencillas.

El modelo estadístico brinda frecuencias de inspecciones entre cada periodo de overhaul, es decir, un nivel menor de mantenimiento, lo suficiente para descartar que se suscite una falla por condiciones exógenas al diseño del fabricante que la historia si nos brinda porque son datos de la realidad vivida.

Debe tomarse en cuenta al definir los equipos que todo análisis estadístico se basa en datos, y como tal la cantidad de datos brindará mayor exactitud al análisis. Si tenemos pocos datos el análisis puede tener errores. Por ello un factor a tomar en cuenta en la selección de los equipos a los cuáles se va a enfocar las intervenciones es que a menor nivel genealógico tengan menores serán las recurrencias de falla y los datos obtenidos en un determinado plazo calendario serán menores que los obtenidos en un padre o ascendiente de dicho equipo seleccionado en el mismo plazo porque este va a incluir las fallas de los otros hijos o sucesiones que tenga. No obstante si considero al equipo padre debo tener en cuenta que debo intervenir en una

sola parada todos los equipos hermanos y sobrinos del que pensaba en primera instancia seleccionar. Esto obliga a una mayor logística en las intervenciones y un compromiso de la alta dirección y del cliente interno y a tiempos mayores de intervención en las cuáles no se produce. Tiempos atrás estuvo muy de moda (las "famosas paradas de planta"). Actualmente se busca intervenciones a niveles más pequeños para que la producción se vaya abasteciendo con los hermanos o los sobrinos que en la mayoría de los casos cumplen la misma función que el equipo intervenido.

En el historial de falla del equipo, se debe anotar la fecha de inicio de la misma y de su finalización y cuáles actividades definidas previamente como estandarizadas se ejecutaron. Si se ejecutó una actividad subestándar debe anotarse en un campo de descripción como si se hubiera ejecutado la actividad estándar que le corresponde añadiéndose a modo de comentario la condición subestándar. La descripción debe ser objetiva en señalar la actividad estándar ya sea mediante aspas, códigos, etc. Cualquier otro comentario se coloca en un campo de observaciones que no será tomado en cuenta en el conteo.

Las anotaciones pueden ser llevadas por el área de producción o de mantenimiento pero se recomienda que sea este último. Producción puede llevar paretos de ocurrencias a veces en horas que pueden servir pero preferentemente hacer anotaciones desde el punto de vista de mantenimiento. No necesariamente la unidad de tiempos debe ser horas. Con fines de planificación es más realista definir días porque la actividad de mantenimiento

es de soporte y no debe estar ligado a una rigidez como la actividad de producción. Además que controlar horas es más complicado que controlar días dados los tiempos muertos de los técnicos, las ayudas en otras actividades diferentes al objetivo a veces de soporte al cliente, las horas de almuerzo o cena variables y otros acuerdos sindicales, etc. Un control de horas debe hacerse cuando se tienen controlado los días. A veces las empresas confunden los objetivos y obligan a controlar horas con fines de controlar las horas extras o la eficiencia del personal. Este es un objetivo de gestión de recursos humanos. Pero en mantenimiento lo primero que se debe controlar es el cumplimiento del plan y provisionalmente controlar al personal por objetivos y por su compromiso con el trabajo.

El intervalo de días entre una actividad y la subsiguiente debe ser el intervalo entre la fecha de finalización de la primera actividad y la fecha de inicio de la siguiente pudiendo ser cero si, por ejemplo, se entrega el equipo a producción un día y al día siguiente o a las horas se vuelve malograr.

Las actividades también pueden medirse en unidades de tiempo mayores como semanas o meses pero esto implica disminuir el control y ya dejaríamos mucha flexibilidad que lleva al desorden. Estadísticamente tendríamos muchos datos cero porque se podrían dar intervalos menores a la semana o al mes y su probabilidad de ocurrencia aumenta a medida que se aumenta la unidad de tiempo lo cual no nos ayudarían a definir la realidad.

Las actividades pueden gestionarse como órdenes de trabajo, y cada orden corresponder a una actividad. Este tipo de gestión es más complicada y usualmente necesita de un software CMMS o ERP muy veloz y de gran versatilidad para tener éxito. Con las órdenes de trabajo acorde al diseño es posible considerar los bienes y servicios utilizados en la actividad así como la mano de obra, y además es posible usarlo como herramienta contable que define el punto de descarga al estado de pérdidas y ganancias del bien usado que estuvo en almacén como inventario o permite controlar la mano de obra al destajo (poco aceptado en la industria peruana por la cultura del trabajo). En otras palabras, uno puede extenderse en datos, pero en un inicio lo mejor es controlar solo los datos más importantes porque llevar el control de más datos y más procedimientos incluso ayudados por software es más complicado y puede llegar a frenar la velocidad tiempo-respuesta del servicio. En nuestro caso solo consideraremos los datos esenciales presentados en un instrumento en Excel sencillo pero versátil objetivamente focalizado en hacer el análisis estadístico que debe ser el objetivo principal de un inicio de gestión.

Por lo menos con 6 datos es factible encontrar una regularidad. Los datos de tiempos entre fallos deben ordenarse de menor a mayor y luego calcular la frecuencia acumulada para cada valor de tiempo entre fallo diferente. Esta frecuencia acumulada para la muestra puede calcularse siguiendo los principios de la estadística descriptiva (en forma puntual si los datos no llegan a 17, o con intervalos si los datos sobrepasan los 17 definiendo la cantidad de intervalos con la fórmula de sturges), aunque como se desea

generalizar (para proyectar a un futuro), es decir, hallar la frecuencia acumulada de la población no de la muestra debe tenerse en cuenta la probabilidad de que cada evento poblacional se produzca en las mismas condiciones que sucedió en la muestra. Una estadística descriptiva es solamente una fotografía del pasado pero no considera esta probabilidad de repetición. En estos análisis lo que se trata es estimar la frecuencia acumulada de la población a partir de su muestra (no los parámetros sino la frecuencia en sí) lo cual le da cierta incertidumbre y definitivamente la probabilidad de asegurar la repetición exacta de cada punto de una ojiva descriptiva no será 100% sino 50% (el otro 50% es la incertidumbre que se suscite con alguna diferencia). Por ello se emplea técnicas estadísticas de estimación de repetición de cada dato en el futuro o pasado no considerado en la muestra, cuya demostración no se encuentra al alcance de la presente investigación imaginamos por la complejidad o por ser puramente empíricos. Los textos solo mencionan las formulas. Son dos métodos expuestos en los textos de confiabilidad: el de rangos medianos (para poblaciones de 17 miembros o menos) y para el de rangos medios (para poblaciones mayor a 17).

$$F(i) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.31)$$

$$F(i) = \frac{i}{n + 1} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (3.32)$$

i= N° de dato ordenado de menor a mayor

n=número total de datos de la población

Una vez calculadas todas las frecuencias acumuladas de los datos con un error de repetición de la ojiva del 50% debe calcularse la distribución estadística que más se ajuste a la frecuencia acumulada de la población estimada (modelación). En mantenimiento dado que la variable estadística es el tiempo entre intervenciones, el cual es una variable continua, se tendría que emplear una distribución continua de uso común en investigación y mencionados en la mayoría de textos de pregrado y postgrado, a saber: normal, log-normal, exponencial o weibull. Existen otras distribuciones más complicadas como gamma, log logistic, etc. considerados en los software modernos de confiabilidad y análisis estadístico como el minitab o el weibull++, pero que no serán materia del estudio. Los parámetros de las distribuciones a evaluar se calculan siguiendo cada uno una metodología propia a explicarse más adelante y luego se hace un estudio de ajuste de la distribución a las frecuencias acumuladas estimadas mediante test de Kolmogorov- Smirnof y Anderson-Darling La distribución que obtenga de este test el estadístico menor es el recomendable. El test chi-2 es quizá el más recomendable pero se emplea cuando hay más de 17 datos.

El intervalo de inspecciones periódicas con parada m(t) cuyo objetivo no es devolver la confiabilidad al 100% sino detectar las anomalías y levantarlas o hacer los ajustes correspondientes para que el equipo falle en su vida útil y no antes (criterio de máxima confiabilidad) es igual a la inversa del z(t) que brinda el modelo. Este intervalo es constante (periodo de funcionamiento normal de la bañera) o variable con el tiempo (infancia o desgaste en la bañera). Si es

constante su valor se iguala al MTBF y debe intervenirse a dicho valor. Si es variable las intervenciones deben ejecutarse siguiendo la siguiente sucesión de unidades de tiempo contados desde el inicio del plan: m(0), m(0)+m(m(0)), m(0)+m(m(0))+m(m(0)+m(m(0))), y así sucesivamente mientras no se supere el período de overhaul o de una intervención de nivel mayor, siempre tomando en consideración que m(0) > 0; en caso de que m(0)= 0, las intervenciones se plantearían a m(1), m(1)+m(m(1)), m(1)+m(m(1))+m(m(1)+m(m(1))), y así sucesivamente mientras no superar los períodos señalados.

3.4.1. MODELACION POR DISTRIBUCION NORMAL ..... (3.33)

La distribución normal de su forma más general considera dos parámetros: de media (μ) y de desviación (σ) que directamente vienen a ser la esperanza y la varianza poblacional. Si μ =0 y σ =1 se convierte en la función distribución normal estándar.

La fórmula de su función densidad para valores es la siguiente:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

La integral definida desde $-\infty$ hasta t de esta función es la función acumulativa de falla lo cual no tiene solución algebraica (sus soluciones deben aproximarse con métodos numéricos). La función de gauss $\phi(t)$ es la función acumulativa de la distribución normal estándar que esta tabulada.

Para calcular los parámetros de la distribución exponencial que más se aproxime a la distribución estimada por rangos medianos se debe de hacer una regresión lineal bajo los mínimos cuadrados considerando la recta objetivo $\hat{Y}= (1/\sigma)\,\widehat{X} + (\mu/\sigma)$ en base a los puntos a tabular $\widehat{Y} = \phi^{-1}\,[F_{est}(t\,k)]$ **y** $\widehat{X} = t_k$ **para valores de k =1 .... n donde "n" es el número de la muestra y** ϕ^{-1}**(x) la función inversa de gauss que Microsoft Excel lo tiene en sus funciones estadísticas como distr.norm.inv(valor).** Los coeficientes de la regresión brindan los parámetros y los estadísticos de la regresión como el coeficiente de determinación nos indican que tan buena estuvo la regresión como representación de los puntos de datos. (14) (15)

Este método se demuestra fácilmente haciendo operaciones elementales.

3.4.2. MODELACION POR DISTRIBUCION LOGNORMAL ..... (3.34)

La distribución lognormal de su forma más general considera tres parámetros: de de media logarítmica (m) y de desviación (σ) y de garantía (γ). Si γ =0 se convierte en la función lognormal de dos parámetros más trabajada en los libros de estadística y se interpreta como que el equipo o componente analizado no tiene garantía es decir desde que arranca tras su primera puesta en marcha o tras un preventivo puede como no fallar pero empieza a trabajar con una confiabilidad del 100% que va descendiendo inmediatamente en forma progresiva. Si γ<0 quiere decir que el equipo o componente tiene problemas en

su fabricación oculto desde antes que arranque tras su primera puesta en marcha (falla del fabricante o equipo de segunda) o tras un preventivo (falla del proveedor, del técnico, de algo que no se hizo algo bien), entonces, arranca a operar con una confiabilidad menor al 100% para también ir descendiendo progresivamente. A menor valor el equipo estará más penalizado en confiabilidad. Si $\gamma>0$ quiere decir con plena seguridad que el equipo o componente no va a fallar durante un tiempo = γ desde que arranca a funcionar tras su primera marcha o un preventivo, es decir, en todo esa banda de tiempo la confiabilidad será de 100% para que una vez llegado a γ empezar a descender progresivamente.

La fórmula de su función densidad para valores $t > \gamma$ es la siguiente (para valores menores es 0):

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} * \frac{1}{(t-\gamma)} * e^{-\frac{(\ln(t-\gamma)-m)^2}{2\sigma^2}}$$

La integral definida desde $-\infty$ hasta t de esta función es la función acumulativa de falla lo cual no tiene solución algebraica (sus soluciones deben aproximarse con métodos numéricos).

Sus momentos son los siguientes:

$E(t) = e^{(m+\frac{\sigma^2}{2})}$ Esperanza poblacional o media poblacional (no de la muestra). Este valor es igual al MTBF.

$$V(t) = (e^{\sigma^2} - 1)e^{2m+\sigma^2}$$

Para calcular los parámetros de la distribución lognormal que más se aproxime a la distribución estimada por rangos medianos se debe iterar valores de γ, haciendo una regresión lineal bajo los mínimos cuadrados por cada valor de g asumido considerando la recta objetivo $\hat{Y} = (1/\sigma)\,\hat{X} - (m/\sigma)$ **en base a los puntos a tabular** $\hat{Y} = \phi^{-1}$ **y** $\hat{X} = \ln(t_k - \gamma)$ **para valores de k =1 .... n donde "n" es el número de la muestra y** $\phi^{-1}(x)$ **la función inversa de gauss que Microsoft Excel lo tiene en sus funciones estadísticas como distr.norm.inv(valor).** La regresión con mayor coeficiente de determinación será el que defina el mejor valor de gamma y consecuentemente de los demás parámetros. (14) (15)

Este método se demuestra fácilmente haciendo operaciones elementales.

3.4.3. MODELACION POR DISTRIBUCION EXPONENCIAL ..... (3.35)

La distribución exponencial de su forma más general considera dos parámetros: de tasa de falla (λ) y de garantía (γ). El parámetro γ se interpreta de la misma forma que la explicada en la distribución lognormal. Algunos textos y software no consideran la tasa de falla como parámetro sino su inversa $\eta = 1/\lambda$ denominándolo parámetro de escala o de sobrevida promedio.

La fórmula de su función densidad para valores t > γ es la siguiente (para valores menores es 0):

f (t) = $\lambda\, e^{-\lambda(t-\gamma)}$

La integral definida desde γ hasta t de esta función es la función acumulativa de falla lo cual tiene solución algebraica a diferencia de la normal o la log-normal (cuyas soluciones deben aproximarse con métodos numéricos) y es la siguiente (se muestra también la confiabilidad que es igual a 1 – F (t) y la zona de la curva de la bañera z(t) = f(t)/R (t)):

F (t) = 1 - $e^{-\lambda(t-\gamma)}$ R(t) = $e^{-\lambda(t-\gamma)}$

Sus momentos son los siguientes:

E (t) = $\frac{1}{\lambda}$ Esperanza poblacional o media poblacional (no de la muestra)

Este valor es igual al MTBF.

V(t) = $\frac{1}{\lambda^2}$ Varianza poblacional (no de la muestra)

Para calcular los parámetros de la distribución exponencial que más se aproxime a la distribución estimada por rangos medianos se debe de hacer una regresión lineal bajo los mínimos cuadrados considerando la recta objetivo $\hat{Y} = \lambda \hat{X} + \lambda\gamma$ **en base a los puntos a tabular** $\hat{Y} = \ln\left[\frac{1}{1-F_{est}(t\,k)}\right]$ **y** $\hat{X} = t_k$ **para valores de k =1 …. n donde "n" es el número de la muestra.** Los coeficientes de la regresión brindan los parámetros y los estadísticos de la

regresión como el coeficiente de determinación nos indican que tan buena estuvo la regresión como representación de los puntos de datos. (14) (15)

Este método se demuestra fácilmente de la fórmula de la frecuencia acumulada haciendo operaciones elementales y tomando logaritmos naturales miembro a miembro.

3.4.4. MODELACION POR DISTRIBUCION WEIBULL ..... (3.36)

La distribución weibull en su forma más general considera 3 parámetros: de forma (β), de escala (η) y de garantía (γ), este último con el mismo sentido que en la distribución lognormal y exponencial.

La fórmula de su función densidad para valores $t > \gamma$ (para menores valores la función es 0) es la siguiente:

$$f(t) = \frac{\beta(t-\gamma)^{\beta-1}}{\eta^{\beta}} * e^{-(\frac{t-\gamma}{\eta})^{\beta}}$$

Y su función acumulativa también tiene fórmula lo cual le da mayor capacidad expresiva que la normal o que la log-normal:

$$F(t) = 1 \quad e^{-(\frac{t-\gamma}{\eta})^{\beta}} \qquad R(t) = e^{-(\frac{t-\gamma}{\eta})^{\beta}} \qquad z(t) = \frac{\beta(t-\gamma)^{\beta-1}}{\eta^{\beta}}$$

Sus momentos son los siguientes:

E (t) = $\gamma + \eta(\frac{1}{\beta} + 1)$ Esperanza poblacional o media poblacional (no de la muestra) . Este valor es igual al MTBF.

V(t) = Varianza poblacional (no de la muestra)

Para calcular los parámetros de la distribución weibull que más se aproxime a la distribución estimada por rangos medianos se debe de hacer una regresión lineal bajo los mínimos cuadrados considerando la recta objetivo $\hat{Y} = \lambda \widehat{X} + \lambda\gamma$ **en base a los puntos a tabular** $\widehat{Y} = \ln \ln \left[\frac{1}{1-F_{est}(t\,k)}\right]$ **y** $\widehat{X} = \ln t_k$ **para valores de k =1 .... n donde "n" es el número de la muestra.** Los coeficientes de la regresión brindan los parámetros y los estadísticos de la regresión como el coeficiente de determinación nos indican que tan buena estuvo la regresión como representación de los puntos de datos. (14) (15)

3.4.5. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV (14) (16)

- Para cada valor de tiempo entre falla de la muestra se debe calcular su frecuencia acumulada según la distribución a evaluar F_{dist} (t_k) donde k=1,2,3,....,n y "n" es el número de datos ordenados de la muestra.

- Inmediatamente se debe hallar para cada dato la discrepancia D_k:

  $D_k = | F_{dist} (t_k) - F_{est} (t_k) |$ ..... (3.37)

  Donde F_{est} (t_k) es la frecuencia acumulada poblacional hallada por estimación mediante los rangos medianos o medios.

- Luego se debe calcular la discrepancia de comparación como el máximo de las discrepancias calculadas.

- Seguidamente se debe asumir un p-valor (significancia o α) de 0.05 y calcular de tablas estadísticas el estadístico de kolmogorov a un número de grados de libertad igual al número de datos de la muestra. Si la diferencia entre este estadístico y la discrepancia de comparación de un modelo en prueba es negativo, este se rechaza como representativo. En cambio si es positivo se acepta como alternativa. De todos los modelos que brinden discrepancia positiva, se seleccionará el modelo que presente mayor diferencia entre el estadístico de kolmogorov y la discrepancia de comparación. Otra forma más exacta de comparación, es buscar el p-valor de la discrepancia de comparación de un modelo, en tablas o mediante software estadístico: si el p-valor fuera menor que 0.05 el modelo se rechaza, pero si es mayor se acepta como probable escogiéndose el que tenga mayor p-valor.

3.4.6. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE DE ANDERSON-DARLING (14)

- Para cada valor de tiempo entre falla de la muestra se debe calcular su frecuencia acumulada según la distribución a evaluar F_{dist} (t_k) donde k=1,2,3,....,n y "n" es el número de datos ordenados de la muestra.

- Luego hallar para cada dato la desviación de Anderson SA:

$$\mathbf{SA} = \sum_{k=1}^{n} \frac{2k-1}{n} x[\ln F_{dist}(t_k) + \ln (1 - F_{dist}(t_{n+1-k}))] \quad \text{..... (3.38)}$$

- Luego calcular el estadístico Anderson de alejamiento del objetivo:

$$\mathbf{AD} = \mathbf{A^2} = \mathbf{-n - SA} \quad \text{..... (3.39)}$$

A mayor sea el valor la distribución se alejará del objetivo, es decir, será menos representativo de la frecuencia acumulada estimada por los rangos medianos. Se debe tomar las mismas consideraciones indicadas en la prueba de Kolmogorov-Smirnof.

- Finalmente calcular el p-valor (significancia o α) de la prueba de tablas.

3.5. COSTEO DE ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO (19)

En primer lugar para costear una estrategia de mantenimiento se debe diferenciar por una parte las actividades y recursos correspondientes a su implementación, y por otra parte las actividades y recursos correspondientes a su ejecución continua en el tiempo. Lo primero constituye un proyecto de inversión, es decir, tiene un inicio y tiene un fin, y procura un beneficio económico (ahorro en su mantenimiento). Lo segundo constituye un gasto corriente.

Con referencia al proyecto de inversión "implementación de la estrategia de mantenimiento para los molinos de pasta", podemos decir, que si bien es

una mezcla de intangible (una gestión) y recursos (humanos, bienes y servicios), este procura un beneficio a un tangible que son los molinos de pasta (el ahorro en su mantenimiento), que constituyen un tipo de activo fijo tipo maquinaria y equipo. Por tanto el proyecto de inversión se activará como tipo maquinaria y equipo, y el monto en su inversión será prorrateado entre siete para incrementar el valor de activo representativo de cada molino de pasta.

La tasa de depreciación legal anual máxima "d" para las maquinarias y equipos adquiridos a partir del 1.1.1991 en el Perú es de 10% según lo establecido en el Reglamente de la Ley del Impuesto a la Renta vigente. La ley permite aplicar esta tasa bajo cualquiera de los métodos de depreciación contables estandarizados. En este caso Cerámica San Lorenzo aplica el método simple de línea recta, y supone un valor de rescate cero, con lo que una máquina se deprecia completamente en 10 años.

Las actividades a considerarse como implementación (I) son:

- Adquisición de instrumental o herramientas especializadas
- Contratación de técnicos de mantenimiento de respaldo para contingencias durante el primer ciclo completo de la estrategia (es decir, desde que se interviene el primer molino para restituirle la máxima confiabilidad hasta que tras haber intervenido de la misma forma todos los demás molinos se vuelva a intervenir el primer molino). Esto cubre eventos de que mientras se esté ejecutando el plan se produzca una falla de otro molino a la vez, de modo de no hacer muchos reajustes al plan inicial.

- Entrenamiento al personal técnico.

Las actividades a considerarse como gasto corriente (Ci) son:

- Consumo de bienes para la ejecución de la estrategia del mantenimiento preventivo planteado anualizado
- Consumo de bienes por mantenimiento correctivo anualizado (consideramos para fines de estimación 1/9 de lo estimado para la estrategia de mantenimiento, ya que estamos considerando una probabilidad del 90% de efectividad en tiempo, también la consideramos en costo)
- Consumo de servicios para la estrategia del mantenimiento preventivo planteado anualizado
- 10% de sobrecosto de servicios por mantenimiento correctivo (ya que estamos considerando una probabilidad del 90% de efectividad en tiempo, también la consideramos en costo)
- Costo de mano de obra

La empresa tiene un presupuesto establecido por m2 producido para el centro de costo al cual se destinan el gasto por mantenimiento de los molinos, discriminado entre bienes y servicios. Pero a este centro de costo se destinan también gastos por mantenimiento de otros equipos excluidos del alcance del presente estudio. Por ello se debe hacer una estimación en %. Luego establecer una proyección en el tiempo de los m2 producidos para obtener año a año por los 10 años de vida útil contable del activo de la inversión el

presupuesto real en nuevos soles (P_i). El anual ahorro con la implementación de la estrategia es:

$A_i = P_i - C_i$

Este ahorro viene a ser el EBITDA ("earning before interest, taxes, depreciation and amortization" que traducido al castellano es la utilidad antes de impuestos, intereses, depreciaciones y amortizaciones) del proyecto. Es decir, dentro de los costos Ci no se considera la depreciación, los intereses por gastos financieros, los impuestos, y las amortizaciones de la inversión que resultaría de su natural financiamiento.

Por definición el flujo de caja libre FCL de un período i, es:

$$FCL_i = EBITDA_i - TAXES_i + WC_i - WC_{(i-1)} - CAPEX_i \quad \text{.....(3.40)}$$

Donde:

FCL_i: Flujo de caja libre del proyecto en el período i.

$EBITDA_i$: EBITDA del período i.

$TAXES_i$: Impuesto a la renta + Participaciones a los trabajadores en el período i sobre el EBITDA = 36% * EBITDA

WCi-WC(i-1): Variación del capital de trabajo (cuentas por cobras + inventario – cuentas por pagar) del período en análisis con referencia al anterior. Para nuestro caso es 0.

CAPEX: Inversión en activo fijo en el período en el flujo de efectivo. Para nuestro caso e 0.

Para saber si la implementación de la estrategia es viable desde el punto de vista económico basta hallar el VAN (valor actual neto) de la inversión:

$$VAN = \left(\sum_{i=1}^{10} \left[\frac{FCL_i}{(1+CPPC)^i}\right]\right) - I \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.41)$$

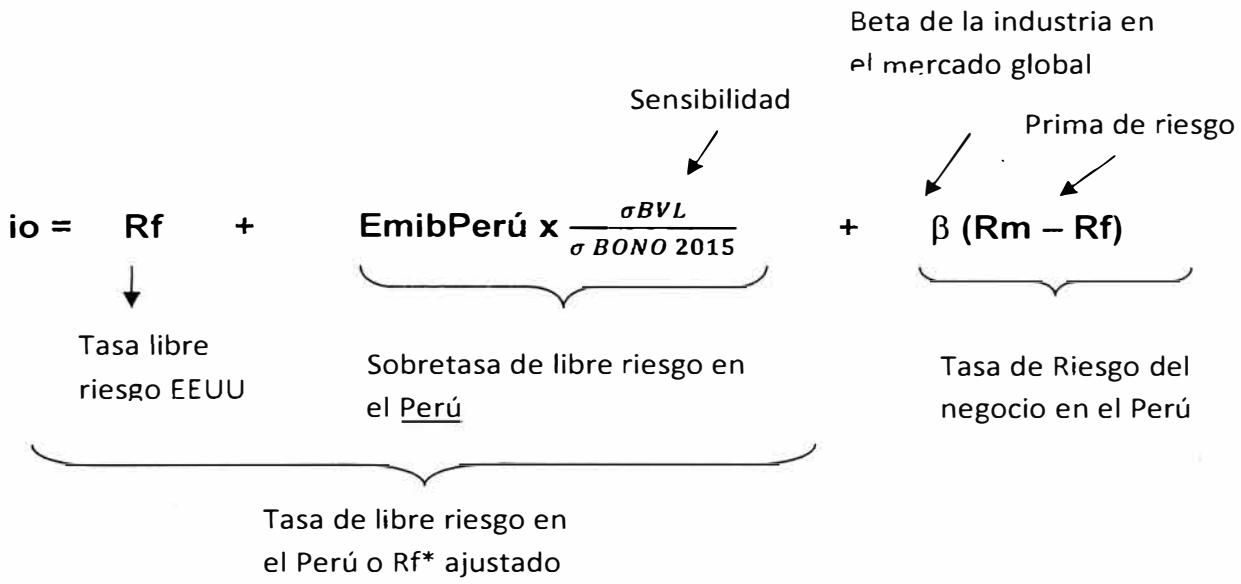
Donde CPPC: Costo promedio ponderado del capital o tasa de descuento afectada por la estructura de endeudamiento (qué tanto el proyecto se financia con deuda o con el patrimonio de la empresa).

Si el VAN es mayor que cero la inversión procede.

Un inversionista antes de aventurarse en una empresa evalúa si le es más conveniente guardar su dinero en el banco o invertir. Si el banco le da más no invierte. Un banco por una operación sin riesgo (depósitos o depósitos a plazo fijo) paga una tasa de interés. El riesgo de un banco serio es poco pero de todos modos esta afecto al riesgo país (el único riesgo es la quiebra). La tasa de interés más alta del mercado donde el inversionista tiene capacidad de actuar es la tasa de libre riesgo. Si el inversionista solo tiene capacidad de actuar en su país solo considera la tasa promedio del mercado nacional (sería una economía aislada). Si el inversionista actúa a nivel global como es el caso de Cerámica San Lorenzo que tiene un holding transnacional, y el país es una economía inserta en el mercado global (el caso del Perú) la tasa de interés que exigiría el inversionista sería el riesgo de una economía de libre riesgo (país desarrollado) más el riesgo del país. Cuanto más capacidad de acción tenga un inversionista exigirá más, porque puede depositar su dinero en el país o banco que le ofrezca más a nivel internacional.

Cuanto más sea esta tasa de libro riesgo del mercado donde pueda actuar el inversionista es lo que le ofrece el negocio adicionado a dicha tasa de libre riesgo será lo que espera un inversionista obtener para invertir. El cuanto más se evalúa con la rentabilidad del sector económico donde va a invertir en el mercado disponible (beta) multiplicado por una prima de riesgo.

Para nuestra patria, el io para un inversionista con capacidad global será:



... .(3.42)

io es la tasa nominal sin inflación

Rf, Rm, Rf, el beta, el EmibPeru y la sensibilidad son valores calculados y que se actualizan diariamente o mensualmente. Se encuentra en revistas e internet. Son el fruto de investigaciones constantes del mercado que hacen las entidades estatales y analistas de riesgo o evaluadoras de proyectos. Estos valores están publicados en la web o en revistas.

El beta y la prima de riesgo se han obtenido de la web en www.damodaran.com. (página de informaciones económicas). Seleccionar updating data y luego global market. Luego seleccionar beta o risk de enero del 2009. El beta es un número NO ES PORCENTAJE. Se debe escoger el beta sin carga de deuda unlevered, que para la industria cerámica es 0.82 (industria para la construcción). Para evaluar una nueva inversión o proyecto este beta debe ajustarse según se financie el negocio o proyecto con capital propio o con entidades financieras o con una combinación (estructura de endeudamiento planteada) y el tax existente en el mercado (impuesto a la renta y participación de trabajadores). Para analizar un negocio en marcha se debe ajustar el beta a la estructura de endeudamiento y tax al momento de la evaluación del negocio. La ecuación de la tasa también varía y es lo que se conoce como CPPC o costo promedio ponderado de capital. La prima de riesgo está en porcentaje.

El EmibPerú se encuentra en la página del banco central de reserva del Perú, en estadísticas económicas. No es porcentaje, es numérico. La sensibilidad hay que asumirlo. Este es un porcentaje. Cuando hay inflación la tasa debe ajustarse para ser real. Como en el Perú la inflación es baja se considerará la tasa ajustada Ke = io

Cuando aplicamos deuda financiera (proyecto o empresa en marcha financiada total o parcialmente por entidad financiera o mercado de valores representativos de deuda) la tasa final será:

$$\text{CPPC = WACC} = \frac{DF}{DF+P}\ x\ Rb\ x\ (1 - Tax)\ +\ \frac{P}{DF+P}\ x\ Ke \quad \ldots\ldots\ldots\ (3.43)$$

Donde:

CPPC = WACC: Costo promedio ponderado del capital.

DF: Deuda financiera en libros

P: Patrimonio neto en libros

Ke: Tasa nominal considerando efecto inflacionario

$$Rb = Rf_{ajustado} + [\ ((\ DF x(1\text{-}tax)\ x\ (\ Ke - Rf_{ajustado}))\ /\ (P + DF x(1\text{-}tax)\ )]$$

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LAS ESTRATEGIAS ACTUALES DE MANTENIMIENTO Y PROPUESTA INICIAL DE NIVELES Y PERIODOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS MOLINOS ANALIZADOS

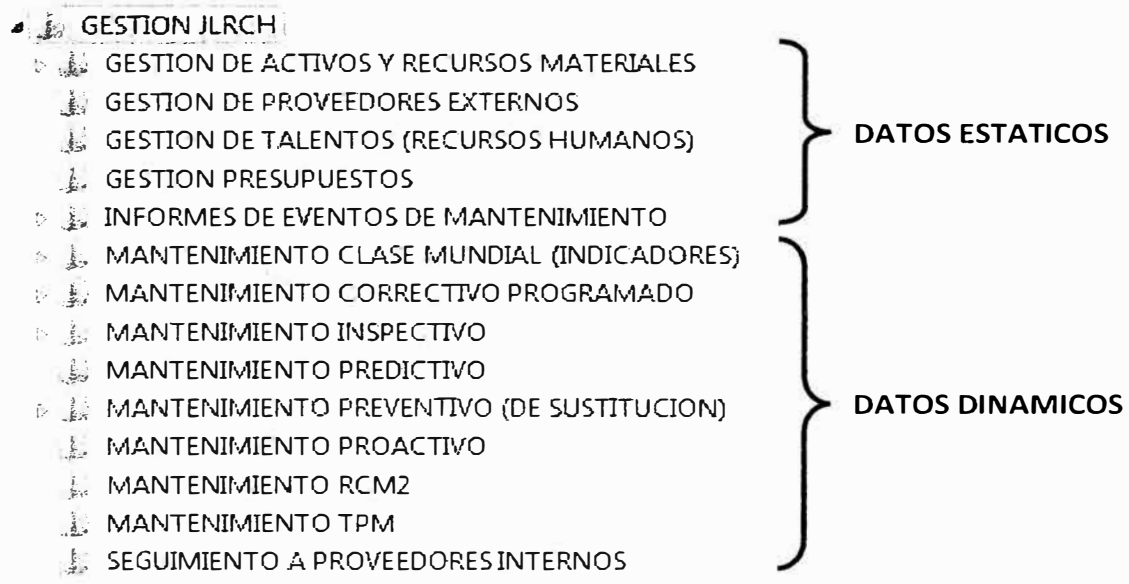
3.1. MEDIDAS ADMINISTRATIVAS Y CONSIDERACIONES PREVIAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA

Antes de establecer una solución al problema, el investigador, haciendo uso de su autoridad como supervisor de mantenimiento de las moliendas de pasta y de esmalte, tomó medidas administrativas de ordenamiento que facilitaran tanto el estudio como el día a día del área (7). Las medidas tomadas vinculadas a la gestión de la información fueron:

- Ordenamiento de los datos informáticos de la PC asignada para la gestión en carpetas según sean datos estáticos (como manuales, planos, datos de trabajadores, informes, etc. cuyo cambio estructural en el tiempo no es muy

constante) o dinámicos (como planes que se viven día a día y se deben de controlar y hacer seguimiento). Para los datos estáticos se crearon carpetas dentro de una carpeta principal GESTION JLRCH (por las iniciales del investigador) y se les dieron un nombre acorde a la materia que se referían los datos (activos sujetos de mantenimiento y recursos materiales, recursos humanos o talentos, proveedores de servicio, informes de eventos, etc.). Para los datos dinámicos también se crearon carpetas dentro de la carpeta principal nombrándolos según el tipo de mantenimiento según criterio de la filosofía de su aplicación. El árbol completo se muestra a continuación:

FIGURA 4.1.: CARPETAS DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO ORDENADAS (27)



- Se estableció un árbol genealógico y un sistema de catastro de equipos (vinculación de datos de producción y de repuestos con los equipos y analogías de familia de equipos y componentes con otros equipos del área o de toda la planta) de los activos sujetos de mantenimiento del área

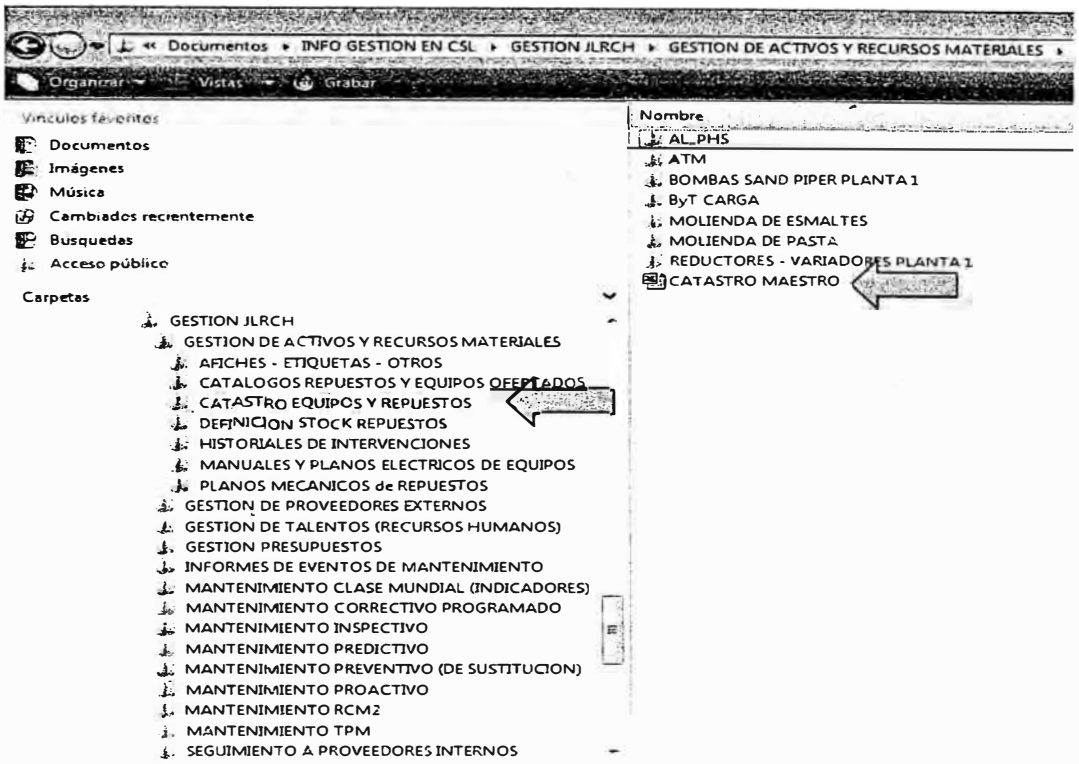
(equipos padres e hijos o relación sistema-equipo-componente). Se establecieron 5 niveles de genealogía correspondiendo el primer nivel a la unidad de negocio donde se ubica el activo, el segundo nivel a la división de la unidad de negocio o en libros contables a la fecha como el activo más pequeño y último centro de costo, el tercer nivel a cada equipo con matrícula independiente incluyendo su sistema eléctrico hasta la llave principal del tablero de máquina (no de subestación), su sistema de gas hasta la válvula más cerca aguas arriba del filtro y regulador de máquina o su sistema de aire comprimido hasta la válvula más cerca antes del filtro-regulador-lubricador de máquina, el cuarto nivel a un sistema funcional del equipo y el quinto nivel a un componente del sistema funcional. El árbol genealógico se plasmo en un archivo de Excel CATASTRO MAESTRO.xls ubicado en la subcarpeta CATASTRO EQUIPOS Y REPUESTOS perteneciente a la carpeta GESTION DE ACTIVOS Y RECURSOS MATERIALES. En este archivo se dibujó usando formas de office un esquema layout de la zona bajo responsabilidad de mantenimiento del investigador y mediante hipervínculos se diseñó el evento de al hacer "click" en un dibujo de un equipo de nivel 3 abriera el archivo donde se guardaba los datos catastrales de componentes y repuestos con su código de almacén y otras informaciones relevantes también bajo el esquema del equipo con formas de office e hipervínculos para enlazar componentes. Para llenar los catastros se tuvo que tomar datos de placa de los mismo equipos en el campo, se revisó los manuales de máquina y los planos eléctricos, se correlacionaron los códigos y los nombres de repuestos

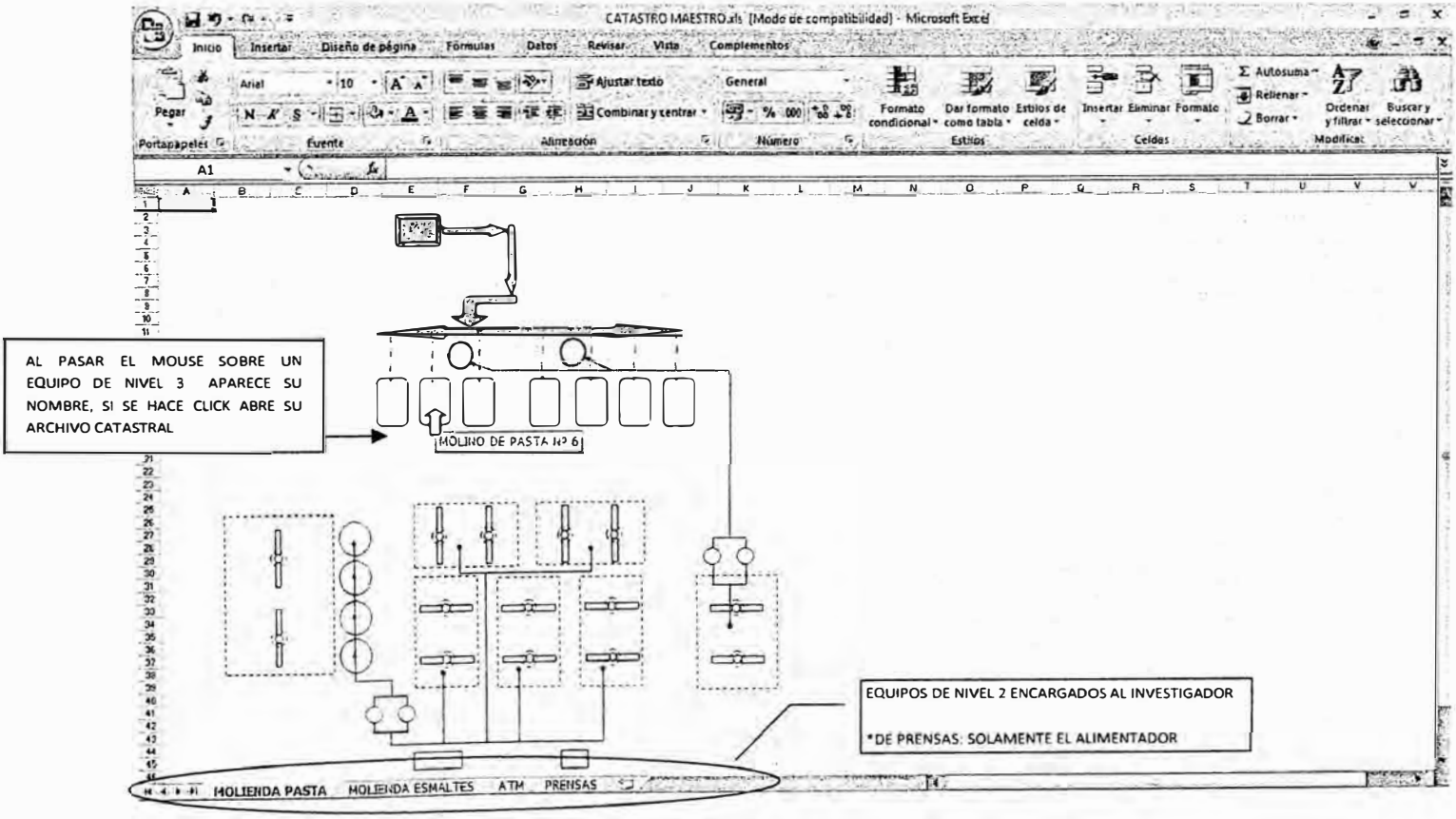
puestos ya en el sistema erp one-world con los diagramas y números de parte del fabricante y se hicieron consultas vía correo de las dudas al fabricante aprovechando los convenios del grupo con el fabricante. Se diseñó esta estructura como para ir recopilando información en el tiempo, mejorarse la calidad de la información a medida que el investigador iba conociendo las piezas al detalle durante los desmontajes, e ir absorbiendo los aportes de trabajadores experimentados o consejos de la subgerencia, la alta dirección o el mismo cliente interno. Al momento de plantear la hipótesis ya se tenía información relevante. Se muestra a continuación una tabla con la genealogía del molino de pasta N° 1 (los demás se repiten análogamente dentro del nivel 2), el esquema layout de la zona bajo responsabilidad del investigador en el archivo Excel antes mencionado, y el esquema del molino con los sistemas funcionales. La información completa de los repuestos se tiene en el anexo 2.

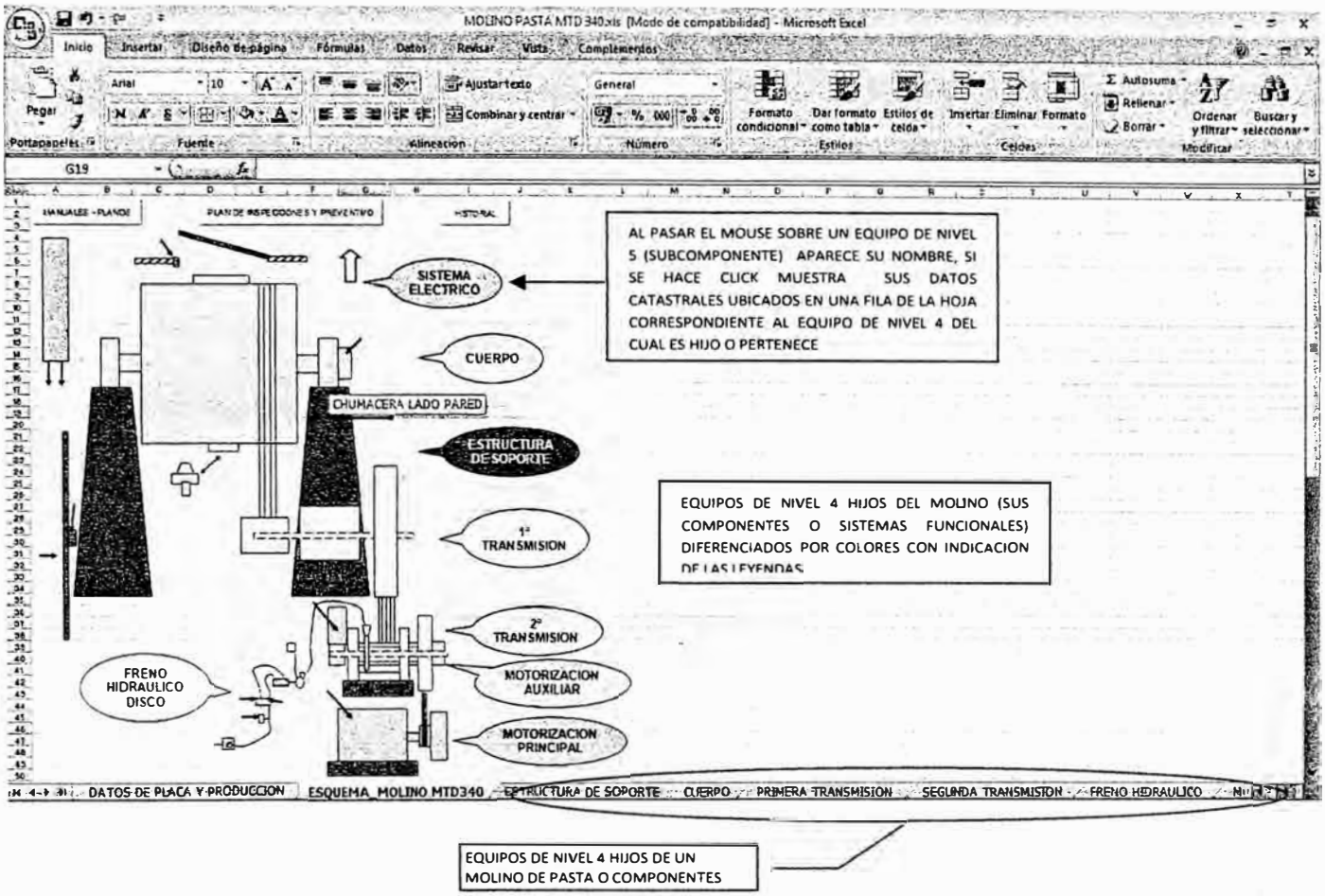
TABLA 4.1.: GENEALOGIA DEL MOLINO DE PASTA 1 (27)

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
UBICACIÓN	SISTEMAS	EQUIPOS	COMPONENTES	SUBCOMPONENTES
PLANTA 1	MOLIENDA DE PASTA MP	MOLINO DE PASTA 1	ESTRUCTURA DE SOPORTE MP1	COLUMNAS DE APOYO MP1
				BANCADA DE UNIDAD MOTRIZ MP1
				PUERTAS MP1
			CUERPO MP1	CILINDRO MP1
				CHUMACERA LADO PARED MP1
				CHUMACERA LADO BALSAS MP1
				TAPA DE DESCARGA MP1
				TAPA DE TRABAJO MP1
				ESCOTILLA MP1
				POSICIONADOR AUTOMATICO MP1
			PRIMERA TRANSMISION MP1	FAJAS E441 MP1
				POLEA 17E MP1
				POLEA VOLANTE GRANDE 25x5V MP1
				EJE PRIMERA TRANSMISION MP1
				CAJA DE EXCENTRICA MP1
			SEGUNDA TRANSMISION MP1	FAJAS 5V2120 MP1
				CHUMACERA SIAMES PARTIDA MP1
				EJE-POLEA 25x5V MP1
				POLEA VOLANTE PEQUEÑA 8B MP1
			MOTORIZACION PRINCIPAL MP1	FAJAS MOTORIZACION MP1
				ACOPLAMIENTO HIDRAULICO MP1
				MOTOR PRINCIPAL MP1
			MOTORIZACION AUXILIAR MP1	MOTOR AUXILIAR MP1
				REDUCTOR EPICICLOIDAL MP1
				EJE MOTRIZ AUXILIAR MP1
				RUEDA LIBRE MP1
			FRENO HIDRAULICO TIPO DISCO MP1	DISCO DE FRENO MP1
				ACTUADORES A PASTILLA MP1
				LINEA DE LIQUIDO DE FRENO MP1
				BOMBA DE FRENO Y SOPORTE MP1
				CILINDRO NEUMATICO FRENO MP1
				LINEA NEUMATICA FRENO MP1
				PRESOSTATO FRENO MP1
				ELECTROVALVULA NEUMATICA MP1
				UNIDAD DE MANTENIMIENTO AIRE MP1
			SISTEMA ELECTRICO MP1	TABLERO ELECTRICO MP1
				CIRCUITOS FUERZA MP1
				CIRCUITOS MANDO MP1

FIGURA 4.2.: SISTEMA DE CATASTRO DE EQUIPOS (27)





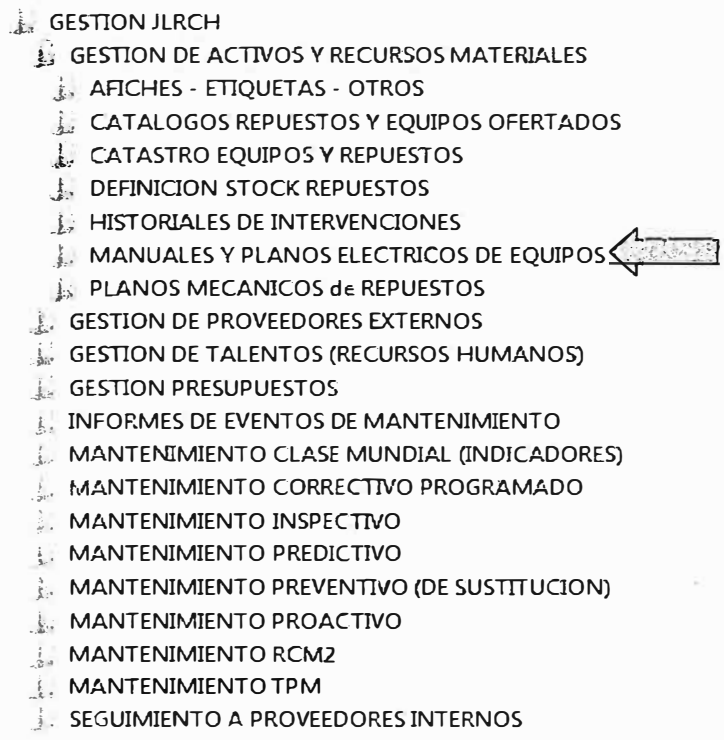


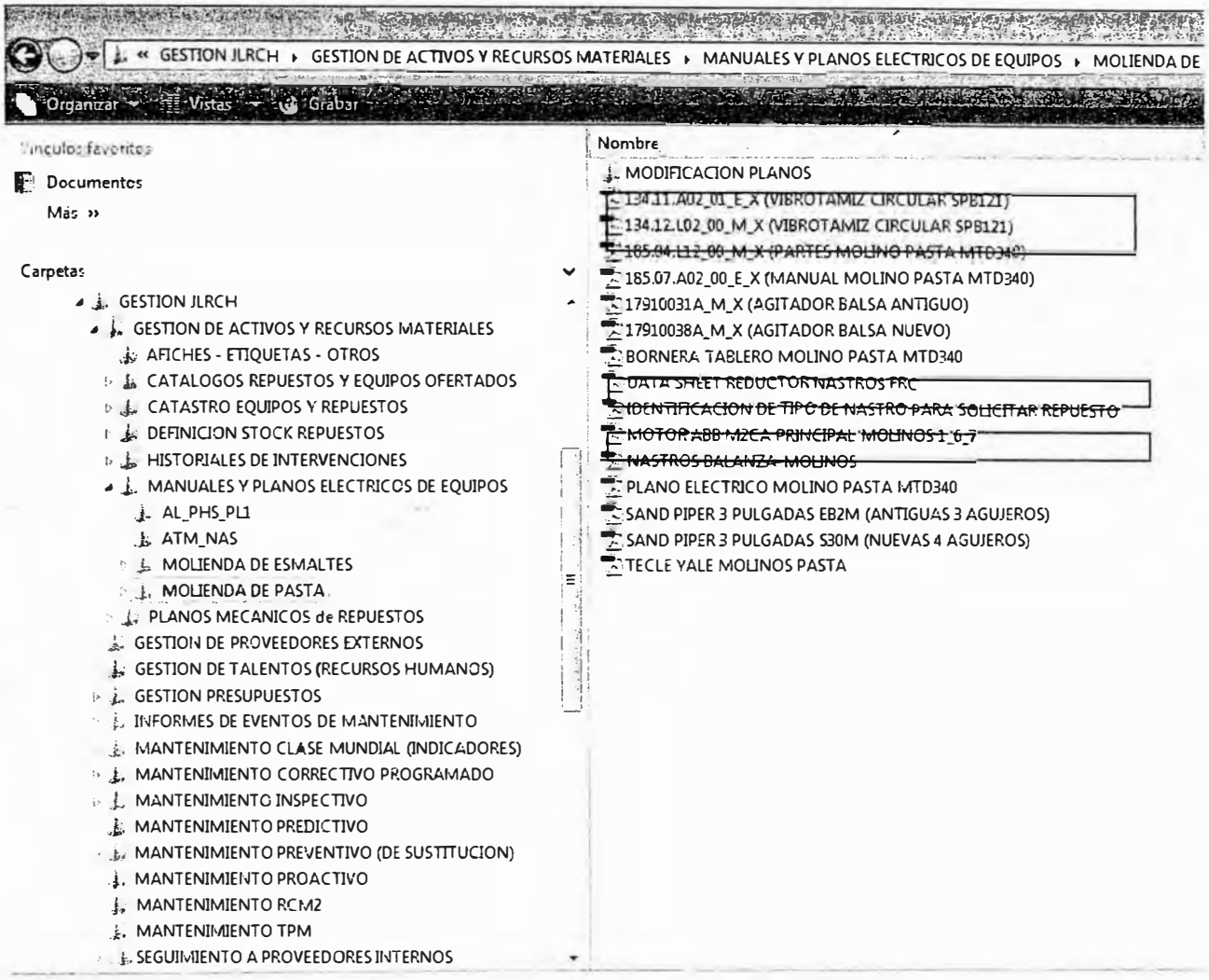
- Con la información relevante de los molinos se hizo un análisis previo de analogía e intercambiabilidad de componentes entre cada uno de ellos. Se observaron que los molinos de tambor de pasta (7 unidades en total) eran de la misma marca y del mismo modelo pero los molinos 1-6-7 eran del año 2000 y los molinos 2-3-4-5 del año 1998 y tienen diferencias en cuanto a sus motores principales y acopladores hidráulicos así como en sus motores secundarios y reductor epicicloidal. Para evitar ser engorroso obviamos estas diferencias, y establecemos que de darse el caso de falla de no tener el componente de repuesto y de tener disponible un componente de otro

molino de otro año de fabricación en desuso provisional trasladaríamos el conjunto motor más acoplador ensamblado y/o la segunda transmisión con la motorización auxiliar de este molino no utilizado al que se requiere poner en servicio. Todos los demás componentes son idénticos e intercambiables.

- Se determinó guardar la totalidad de los planos eléctricos de los equipos, así como los manuales de máquina en formato digital PDF en la subcarpeta MANUALES dentro de la carpeta GESTION DE ACTIVOS Y RECURSOS MATERIALES. Algunos manuales en PDF se encontraron en otras PC o en la misma PC del investigador. Otros se pidieron al fabricante vía correo y otros tanto se mandaron al área de sistemas para su escaneo. Esta medida se tomó para tener la garantía de disponer la información cuando se necesite, pues a veces los manuales no se encontraban en el tablero del equipo, se lo llevaban los trabajadores, se perdían. Se muestra la información correspondiente a los molinos pasta:

FIGURA 4.3.: ORDENAMIENTO DIGITAL DE MANUALES DE MAQUINA (27)





- Se definieron las actividades de mantenimiento estándares bajo criterios técnicos y consultando información de trabajadores experimentados, manuales de máquina y consultas al fabricante. Se estructuro de modo tal que las tareas que consideraban solo una parte de determinada actividad estandarizada se registrarían como si se cumpliera la actividad estándar poniendo un comentario u observación. La idea era que el número de actividades fueran lo menor posible pero independientes entre sí. Así por ejemplo si se hablaba del cambio de rodamientos de un componente lo estándar es cambiarlo todos los rodamientos y verificar que los ajustes

estén en su tolerancia sino sería necesario metalizados de asientos o cambios de eje. Suponiendo que hay apuro y que no se puede hacer o solo se cambia un rodamiento porque el par no llegó a almacén se tendría que hacer una actividad subestándar. Como lo demás el diseño presupuso mejoras de la información en el tiempo. Las actividades estándares para los molinos de muestran como encabezados de columnas en el historial de fallas de los molinos (plano 4).

- Se diseñó una planoteca virtual en la subcarpeta PLANOS dentro de la carpeta GESTION DE ACTIVOS Y RECURSOS MATERIALES. Esto con la finalidad de tener la alternativa de fabricación local con parámetros de calidad y además calcular la vida útil de componentes y la influencia de factores en ella que en conjunto forman parte de las variables intervinientes del estudio.

- Se diseñaron los instrumentos de control de eventos de mantenimiento que permitieran acumular datos para un análisis estadístico futuro (plano 4).

- Se dispuso intervalos de back up de la información del disco duro de la PC cada mes con el área de sistemas a fin de no perder datos en caso de virus o fallas de hardware.

Habiéndose ordenado y estructurado el área, con la PC como eje controlador de la gestión, se dispuso de un año cero para tomar datos de **los**

tiempos entre eventos de fallo por cada molino (to ¡ i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 i: número de molino identificado) y registrarlos en los instrumentos de control de eventos de mantenimiento, antes de atrevernos a diseñar una estrategia sin fundamento, siguiendo la definición de mantenimiento. En este año cero se fue mejorando la información, se compararon realidades de otras supervisiones de mantenimiento y se tomaron las siguientes **consideraciones de actividades operacionales a cargo del cliente interno que influirían en el éxito de una estrategia de mantenimiento**:

- Ejecuta sin coordinación previa con mantenimiento cambios de bolas totales. Normalmente en el proceso las bolas se desgastan y se van con el material. En cada molienda se verifica un descenso del nivel de llenado. Si desde la escotilla de carga hasta el nivel de llenado hay más de 1.9m, el operador llena dos sacos de 25kg c/u de bolas. Así en cada molienda se van acumulando más bolas pequeñas desgastadas hasta un punto que demora más en moler. Este periodo es de 5000 horas, allí el supervisor de producción y los operadores vacían las bolas del molino en el piso haciendo girar con la escotilla abierta en velocidad lenta y sin material de proceso el molino. Las bolas lo recogen en bolsones de 1 tonelada o tonelada y media y lo llevan al patio de materias primas en montacargas. Luego seleccionan de acuerdo a un protocolo que define diámetros de descarte, diámetros pequeños, diámetros medianos y diámetros grandes. El molino debe tener una combinación de estos últimos en un porcentaje determinado. Las bolas con diámetro de descarte son desechadas y se

reemplazan con bolas nuevas. Normalmente de 19 toneladas de bolas 10 se cargan con bolas nuevas. Muchas veces para acelerar el proceso ya se tienen seleccionadas bolas de cambios anteriores. Las bolas se cargan al molino mediante las fajas transportadoras. Este proceso le toma a producción en el caso más pesimista (que es el que se tiene que tomar en cuenta porque son variables que no son controlables por mantenimiento) 3 días de 3 turnos de 8 horas cada uno (72 horas). Esto predispone que el plan debe tener una holgura de por lo menos ese tiempo para correr y que el tiempo entre intervenciones sea constante. El número de días de riesgo entre el número de días entre intervenciones ideal más la holgura sería la probabilidad de que el plan no se cumpla y restándole este valor a la unidad sería la confiabilidad de un buen cumplimiento del plan. Aumentando más holgura en el plan este se vuelve más confiable pero nunca llegará a ser uno.

- Ejecuta sin coordinación previa con mantenimiento cambios de forros y levantadores de goma. Esto requiere descargar y volver a cargar las bolas de los molinos (tenerlo vacío). Este trabajo es realizado normalmente por la contratista Vulco SAC y le toma 4 días hacer el cambio total mas 3 días de carga-descarga de las bolas son 7 días totales de la actividad. Es decir, para que el cumplimiento del plan sea confiable debe tener 7 días de holgura. Podemos considerar una tolerancia de +/- 1 día.

- Puede tener órdenes de la alta dirección de hacer pruebas de nuevas mezclas. Esto en promedio implica destinar 1 mes el molino a dicha prueba y no considerarlo como objeto de mantenimiento en dicho mes salvo se pare por falla.

3.2. PROPUESTA INICIAL DE NIVELES Y PERIODOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS MOLINOS ANALIZADOS

Tomando en consideración las medidas administrativas implementadas, teniendo data y experiencias relevantes, suponiendo que el nivel de mejoras proactivas es pesimista ("se mantiene la misma calidad de los repuestos, de mano de obra, de operación") y tomando en cuenta las observaciones anteriores a modo de supuestos auxiliares de la investigación, se llevaron a cabo reuniones con participación del subgerente de mantenimiento, el jefe de laboratorio cerámico (cliente interno), el supervisor de mantenimiento (investigador) y el supervisor de producción de moliendas para analizar el problema, llegándose a la siguiente propuesta:

"Se debe parar cada molino una semana para hacerle todas las actividades necesarias para que no falle hasta la siguiente intervención (MANTENIMIENTO TIPO A) con un intervalo entre la entrega de un molino reparado al cliente interno y el inicio de la intervención a otro de dos semanas de modo que cada 20 o 23 semanas (holgura de 3 semanas entre ciclos para contrarrestar alguna distorsión del plan o la inclusión de un molino nuevo por ampliación) tras la finalización de la intervención al primer molino se le vuelva a intervenir, es decir,

a repetir el ciclo de intervenciones "A". Para asegurar la certeza de cumplimiento de la estrategia de que no se va a producir un fallo repentino, se debe establecer un ciclo de paradas en paralelo de actividades de inspección y ajustes con paradas iguales como máximo a un turno (8 horas – MANTENIMIENTO TIPO B)" con un intervalo entre la entrega de un molino reparado al cliente interno y el inicio de la intervención a otro de 6 días de modo que cada 6 o 7 semanas (holgura de 1 semana entre ciclos para contrarrestar alguna distorsión de la estrategia) tras la finalización de la intervención del primer molino se le vuelva a intervenir, es decir, a repetir el ciclo de intervenciones B. Esta solución tentativa llevada a un Gantt se muestra en el plano 5."

3.3. DISEÑO DE LA CONTRASTACIÓN DE LA PROPUESTA INICIAL DE NIVELES Y PERIODOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS MOLINOS ANALIZADOS

La contrastación de la propuesta se llevó a cabo de forma no experimental con contrastación teórico-empírico (criterios de vida útil, estimaciones de costos) y contrastación observacional longitudinal (análisis estadístico).

Los criterios de vida útil se aplicaron con Microsoft Excel 2007, aplicando las fórmulas deducidas por el investigador o extraídas de alguna referencia bibliográfica indicada en el marco teórico de la investigación. Todas las fórmulas parten de combinar la teoría precedente con experimentos realizados

por fabricantes de componentes con una certeza mayor al 90%. Con ello se logró obtener una referencia de lo que realmente debe durar un repuesto, y poner metas correctas. Las vidas útiles más cortas que demandan paradas mayores a 8 horas definen un intervalo de tipo A. Las demás vidas útiles se ajustan a múltiplos de intervalos tipo A.

Para la observación longitudinal se tomaron datos de las muestras descritas a lo largo del periodo julio 2007 – abril 2009 y con ello se procedió a organizar los datos de interés para el estudio y estimar una situación general de las ocurrencias de falla molino por molino especificando el nivel de significancia. Los datos de interés para el estudio son los tiempos que cada molino opera entre una falla y la subsiguiente. Es importante señalar que, si bien se aplicaron algunas acciones preventivas e inspectivas durante la toma de los datos estas no se han llevado a cabo a una frecuencia constante y una forma ordenada, es decir, ha sido muy irregular por ello se considera que solamente se tenían eventos correctivos. Se eligió un modelo de distribución estadística poblacional conocida que mejor se aproximó a la curva de frecuencia acumulada de los datos estimada mediante rangos medianos. Se consideraron como modelos la distribución normal, lognormal de 3 parámetros, exponencial de 2 parámetros y weibull de 3 parámetros. Para comprobar que la aproximación fue la más óptima se empleó el test de Kolmogorov-Smirnof y el test de Anderson-Darling. Se eligió una misma distribución para todos los molinos (la distribución que en la mayoría de los molinos tiene el menor estadístico de los test). La significancia o incertidumbre total es la

significancia de la aproximación a una distribución estadística conocida por norma menor a 5% (95% de confianza > al 90% planteado).

Una vez definida la distribución, se hallará la función confiabilidad R(t). La función R(t) permite a su vez deducir las funciones de velocidad de falla z(t) y su inversa m(t) que es el periodo entre fallos. Tras aplicar el mantenimiento "A" a un molino, se supone que el molino sigue el modelo hallado. Por tanto para un tiempo 0 identificaremos en el grafico del m(t) que valor de tiempo de falla m(0) le corresponde. Esta será la primera frecuencia a la cual se debe hacer la intervención "B". Luego hallaremos el valor tiempo falla para un tiempo m(0) es decir m(m(0) que será la segunda intervención.

Los cálculos estadísticos se han ejecutado con la ayuda del software Microsoft Excel 2007.

La forma de contrastar la propuesta según el método científico es:

"Si la estrategia de mantenimiento que consiste en parar cada molino una semana para hacerle todas las actividades necesarias para que no falle hasta la siguiente intervención (MANTENIMIENTO TIPO A) con un intervalo igual a 2 semanas entre la entrega de un molino reparado al cliente interno y el inicio de la intervención a otro de modo que cada 20 o 23 semanas (holgura de 3 semanas entre ciclos para contrarrestar alguna distorsión de la estrategia o la inclusión de otro molino) tras la finalización de la intervención al primer molino se le vuelva a intervenir, es decir, a repetir el ciclo de intervenciones "A", y, que

consiste también en asegurar la confianza que no se va a producir un fallo repentino por condiciones no ideales en que se viene trabajando, adhiriendo a la estrategia principal el establecimiento de un ciclo de paradas en paralelo de actividades de inspección y ajustes o cambios anticipados tras problemas detectados con paradas iguales como máximo a un turno (8 horas – MANTENIMIENTO TIPO B)" con un intervalo entre la entrega de un molino reparado al cliente interno y el inicio de la intervención a otro de 6 días de modo que cada 6 o 7 semanas (holgura de 1 semana entre ciclos para contrarrestar alguna distorsión del plan) tras la finalización de la intervención del primer molino se le vuelva a intervenir, es decir, a repetir el ciclo de intervenciones "B", tomando en cuenta los supuestos auxiliares planteados, tiene una certeza de cumplimiento mayor al 90% (en 90% de los casos el periodo de intervención preventiva se anticipa al fallo no existiendo en esos casos fallos entre intervenciones preventivas), y además va a ahorrar costos; entonces la vida útil de diseño del repuesto crítico con menor vida útil calculado mediante fórmulas teóricas debe ser igual o ligeramente mayor al intervalo de 23 semanas planteado para el mantenimiento tipo A, asimismo el periodo entre inspecciones m(t) calculado mediante un análisis estadístico histórico debe ser igual o ligeramente mayor que el intervalo de 7 semanas planteada para las intervenciones tipo B (refuerzo); y los costos de la implementación de la estrategia más los costos anuales de su ejecución debe ser menor a los costos anuales si se continuara haciendo lo mismo"

CAPÍTULO V

CÁLCULO DE NIVELES Y PERIODOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS MOLINOS EN ESTUDIO

5.1. CÁLCULOS DE VIDA ÚTIL DE REPUESTOS CON FALLA TÍPICA EN LOS MOLINOS

5.1.1. CÁLCULO PREVIO DE FUERZAS Y TORQUES DEL MATERIAL MOLTURANTE Y MOLIDO SOBRE EL TAMBOR DEL MOLINO EN MOVIMIENTO A PLENA CARGA

Se ha analizado primeramente las fuerzas y torques dinámicos en un plano transversal del molino (y-z) y se ha aplicado la tercera ley de newton (velocidad de rotación constante) para hallar el torque necesario y la potencia efectiva para mover el molino considerando los parámetros de operación existente mencionados en el marco teórico. Los cálculos paso a paso se muestran en la tabla 5.1 desarrollado en EXCEL 2007 (todas las tablas de

cálculo muestran claramente la simbología empleada, la unidad de medida de los valores y la fuente o fórmula a partir del cual se obtiene el dato mencionado y el número de fórmula usada en este trabajo), y el diagrama de cuerpo libre transversal del tambor por efecto del material molturante y sobrellenado se muestran en las figura 5.1.:

FIGURA 5.1.: FUERZAS Y TORQUES DEL LLENADO Y SOBRELLENADO SOBRE EL TAMBOR

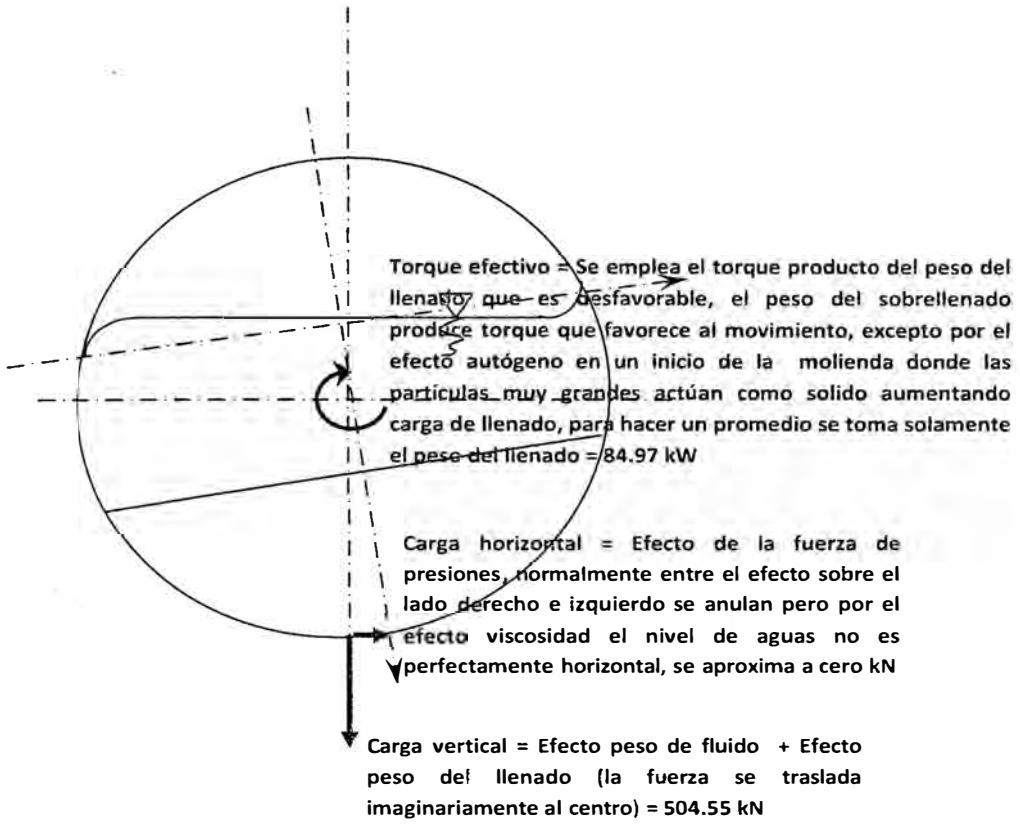


TABLA 5.1. ANALISIS DE FUERZAS Y TORQUES EN EL PLANO TRANSVERSAL X-Z ENTRE EL MATERIAL MOLIDO MAS EL MOLTURANTE Y LA ESTRUCTURA DEL TAMBOR DEL MOLINO MTD 340

PARAMETRO DEL MOLINO O FUERZA (DATO O CALCULO)	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
FORRO	-	-	-	Elección del usuario	GOMA
CUERPOS MOLIDOS (BOLAS O BILLAS)	-	-	-	Elección del usuario	ALUBIT 2 1/2"
DENSIDAD DE BILLAS	g/cm^3	ρ_{bolas}	-	Laboratorio cerámico CSL	3.40
DENSIDAD DE PULPA CERAMICA	g/cm^3	ρ_{pulpa}	-	Laboratorio cerámico CSL	1.80
MASA DE MEZCLA UNICA A MOLER	kg	m_{mezcla}	-	Laboratorio cerámico CSL	20000.00
MASA DE MEDIO FLUIDO	kg	m_{fluido}	-	Laboratorio cerámico CSL	10750.00
DIAMETRO INTERIOR SIN FORRO	mm	D'	-	Manual de usuario	3150.00
LONGITUD INTERIOR SIN FORRO	mm	L'	-	Manual de usuario	4300.00
ESPESOR DE FORRO SIN EFECTO LIFTER	mm	e	-	Manual de usuario	45.00
DIAMETRO INTERIOR CON FORRO	mm	D	3.1.	D = D' - 2e	3060.00
LONGITUD INTERIOR CON FORRO	mm	L	3.2.	L = L' - 2e	4210.00
VOLUMEN UTIL CON FORRO	l	V	3.2.	$V = p*(D^2/4)*L*(1/1000*1000)$	30960.99
VELOCIDAD ROTACION REAL	rpm	N	-	$N=N_{motor}$/(Relación_de_transmisión_motor&acoplador*Relación_de_transmisión_fajas_5V1000*Relación_de_transmisión_fajas_5V2120*Relación_de_transmisión_fajas_E440) NOTA: No se toma en cuenta el dato del manual SACMI del molino que menciona velocidad de rotación 12,5RPM porque este dato es con motor alimentado a 50Hz con otros diámetros de polea, y en el Perú se usa la frecuencia de 60Hz y por ello se hicieron variantes en los diámetros de poleas	12.79
ANGULO DE LEVANTAMIENTO	° sex	$\alpha°$	3.4.	$\alpha° = 180*\arcsen(0.000561*D*N^2)/(1000*\pi)$	16.31
VELOCIDAD CRITICA DE ROTACION	rpm	N_{crit}	3.5.	$N_{crit} = 42.3 / \sqrt{(D/1000)}$	24.18
% VELOCIDAD CRITICA	%	N_c	3.6.	$N_c = (N/N_{crit})*100\%$	52.89%
ALTURA LIBRE DE LLENADO MAXIMO DE BILLAS	mm	h_b	-	Instructivo operadores molinos CSL	1950.00
ANGULO DE LLENADO DE BILLAS AL NIVEL MINIMO	° sex	$\phi°$	3.7.	$\phi° = (360/\pi)\arccos((h-(D/2))/(D/2))$	148.13
NIVEL DE LLENADO APARENTE	%	J	3.8.	$J=((\pi*(D/1000)^2*\phi°/1440)-((D/1000)^2*(Sen\phi°/8))*L*100\%/V$	32.75%
% INTERSTICIOS ENTRE BILLAS	%	f	-	Laboratorio cerámico CSL	40.00%

(Continúa pág. sig...)

PARAMETRO DEL MOLINO O FUERZA (DATO O CALCULO)	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
DENSIDAD APARENTE DEL RIÑON DE BILLAS Y MEZCLA	g/cm^3	ρ_{ap}	2.19.	$\rho_{ap} = (1-f)J\rho_{bolas} + fJ\rho_{pulpa}$	2.76
NIVEL DE SOBRELLENADO	%	J'	2.9	$J' = ((m_{mezcla}+m_{fluido}) /(\rho_{pulpa}*V))- fJ$	42.08%
ANGULO DE SOBRELLENADO	° sex	$\varphi°$	2.10.	Metodo de bisección para resolver $(\pi*(D/1000)^2*\varphi°)/1440-((D/1000)^2 *Sen\varphi°)/8)= ((J'+J)*V)/L$	227.29
Coeficientes de la ecuación $A\varphi°-Bsen\varphi°=C$ para hallar el angulo de sobrellenado por método de bisección	-	-	2.12	$A=(\pi*(D/1000)^2)/1440$	0.02
			2.12.	$B=((D/1000)^2)/8)$	1.17
			2.13.	$C= ((J'+J)*V)/L$	5.50
Distancias de sobrellenado respecto al ras de bolas	mm	FIGURA 1	2.14.	$H' = (Dcos(180°-(\varphi°)/2))/2$	613.58
			2.15.	$D1=H' + (Dcos((\emptyset°)/2-\alpha°))/2$	1429.84
			2.16.	$D2=H' - (Dsen(\alpha °+(□°)/2-90°))/2$	603.51
EFECTO PESO DEL LLENADO	kN	W_{llen}	2.20.	$W_{llen} = \rho_{ap}*g*J*V/1000$	274.51
EFECTO PESO DEL SOBRELLENADO	kN	W_{sob}	2.20.	$W_{sob} = \rho_{pulpa}*g*J'*V/1000$	230.05
CARGA VERTICAL POR LOS PESOS	**kN**	$\mathbf{W_{tot}}$	-	$\mathbf{W_{tot} = W_{llen} + W_{sob}}$	**504.55**
BRAZO DE PALANCA DEL LLENADO	mm	c	2.21.	$c = [(2/3)* (D/2)^3*cos^3 (90°-□°/2) *L]/(J*V*1000*1000)$	881.56
TORQUE DE LLENADO	kNm	T_{llen}	2.22.	$T_{llen} = W_{llen}*sen\alpha*c/1000$	67.96
TORQUE MOTRIZ = TORQUE EFECTIVO	kNm	T_m	2.23.	$T_m \approx T_{llen}$	67.96
POTENCIA EFECTIVA	kW	Pef	-	$P_{llen} = W_{llen}*sen\alpha*c*\pi*N/30000$	91.03
POTENCIA APLICANDO PERDIDA EN RODAJES	**kW**	**P**	-	**P=Pef/(eficiencia apoyos tambor)^2**	**92.87**

FIGURA 5.2. GRAFICO DE FUNCIONES F1 Y F2 PARA HALLAR φ° POR BISECCION

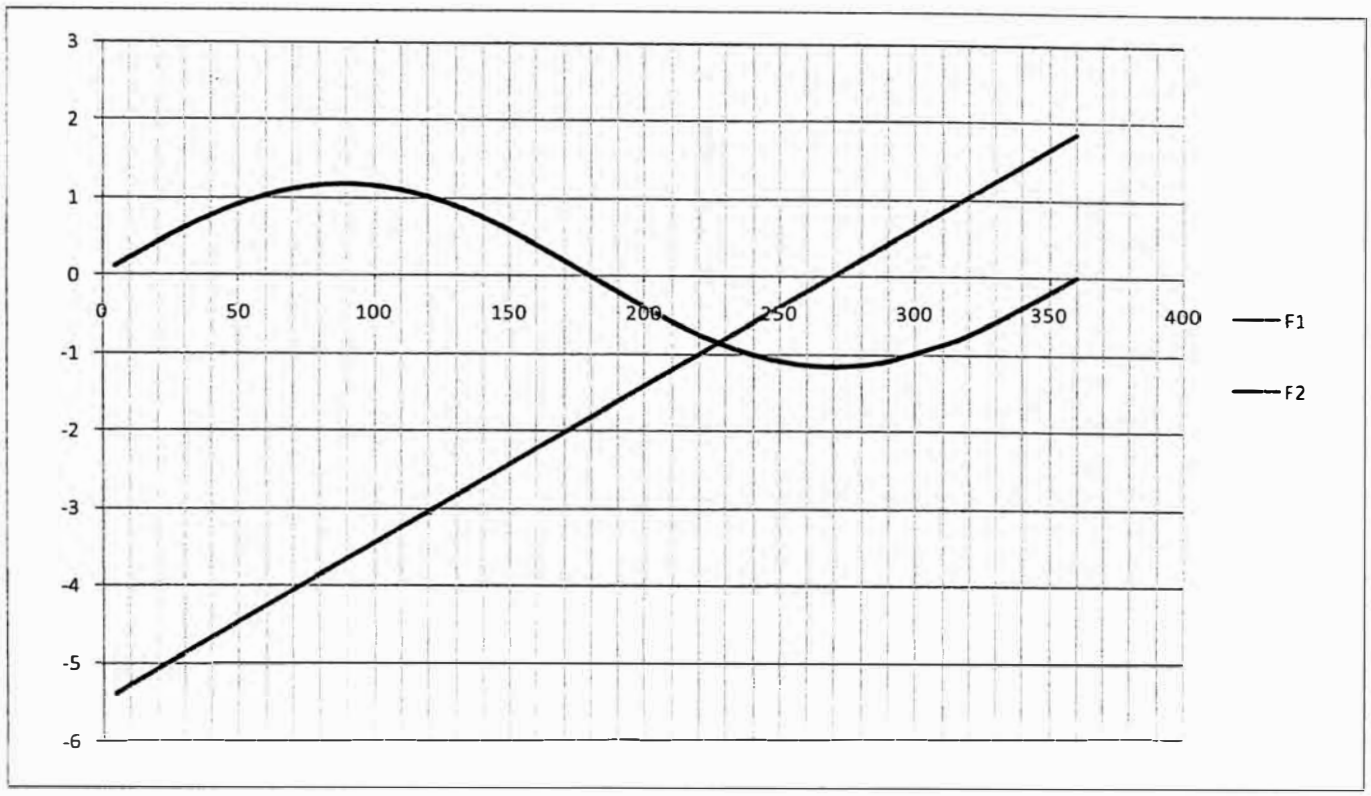


Tabla de datos de Excel para el gráfico:

φ°	sen(φ°)	F_1=Aφ°-C	F_2=Bsen(φ°)
5	0.08715574	-5.40058137	0.10201144
10	0.17364818	-5.29844034	0.20324651
15	0.25881905	-5.19629931	0.30293475
20	0.34202014	-5.09415827	0.40031748
25	0.42261826	-4.99201724	0.49465354
30	0.5	-4.88987621	0.585225
35	0.57357644	-4.78773518	0.67134254
40	0.64278761	-4.68559415	0.75235076
45	0.70710678	-4.58345312	0.82763313
50	0.76604444	-4.48131209	0.89661672
55	0.81915204	-4.37917106	0.95877651
60	0.8660254	-4.27703002	1.01363943
65	0.90630779	-4.17488899	1.06078795
70	0.93969262	-4.07274796	1.09986323
75	0.96592583	-3.97060693	1.13056788
80	0.98480775	-3.8684659	1.15266823
85	0.9961947	-3.76632487	1.16599608
90	1	-3.66418384	1.17045
95	0.9961947	-3.56204281	1.16599608
100	0.98480775	-3.45990178	1.15266823

(Continúa pág. sig...)

115	0.90630779	-3.15347868	1.06078795
120	0.8660254	-3.05133765	1.01363943
125	0.81915204	-2.94919662	0.95877651
130	0.76604444	-2.84705559	0.89661672
135	0.70710678	-2.74491456	0.82763313
140	0.64278761	-2.64277353	0.75235076
145	0.57357644	-2.5406325	0.67134254
150	0.5	-2.43849146	0.585225
155	0.42261826	-2.33635043	0.49465354
160	0.34202014	-2.2342094	0.40031748
165	0.25881905	-2.13206837	0.30293475
170	0.17364818	-2.02992734	0.20324651
175	0.08715574	-1.92778631	0.10201144
180	1.2251E-16	-1.82564528	1.434E-16
185	-0.08715574	-1.72350425	-0.10201144
190	-0.17364818	-1.62136322	-0.20324651
195	-0.25881905	-1.51922218	-0.30293475
200	-0.34202014	-1.41708115	-0.40031748
205	-0.42261826	-1.31494012	-0.49465354
210	-0.5	-1.21279909	-0.585225
215	-0.57357644	-1.11065806	-0.67134254
220	-0.64278761	-1.00851703	-0.75235076
225	-0.70710678	-0.906376	-0.82763313
230	-0.76604444	-0.80423497	-0.89661672
235	-0.81915204	-0.70209393	-0.95877651
245	-0.90630779	-0.49781187	-1.06078795
250	-0.93969262	-0.39567084	-1.09986323
255	-0.96592583	-0.29352981	-1.13056788
260	-0.98480775	-0.19138878	-1.15266823
265	-0.9961947	-0.08924775	-1.16599608
270	-1	0.01289328	-1.17045
275	-0.9961947	0.11503431	-1.16599608
280	-0.98480775	0.21717535	-1.15266823
285	-0.96592583	0.31931638	-1.13056788
290	-0.93969262	0.42145741	-1.09986323
285	-0.96592583	0.31931638	-1.13056788
290	-0.93969262	0.42145741	-1.09986323
285	-0.96592583	0.31931638	-1.13056788
290	-0.93969262	0.42145741	-1.09986323

(Continúa pág. sig...)

315	-0.70710678	0.93216256	-0.82763313
320	-0.64278761	1.03430359	-0.75235076
325	-0.57357644	1.13644463	-0.67134254
330	-0.5	1.23858566	-0.585225
335	-0.42261826	1.34072669	-0.49465354
340	-0.34202014	1.44286772	-0.40031748
345	-0.25881905	1.54500875	-0.30293475
350	-0.17364818	1.64714978	-0.20324651
355	-0.08715574	1.74929081	-0.10201144
360	-2.4503E-16	1.85143184	-2.868E-16

TABLA 5.2. ITERACIONES DEL MÉTODO DE BISECCION PARA HALLAR φ°

Intervalo [a,b] para iniciar iteración:

a = 220

b = 230

(deducidos de la figura 5.3)

Iteracion i=	ai	bi	xi	F(ai)	F(xi)	F(ai)*F(xi)	Error
0	220.00	230.00	225.00	-0.25616627	-0.07874286	0.02017127	5
1	225.00	230.00	227.50	-0.07874286	0.00764078	-0.00060166	2.5
2	225.00	227.50	226.25	-0.07874286	-0.03534984	0.00278355	1.25
3	226.25	227.50	226.88	-0.03534984	-0.01380371	0.00048796	0.625
4	226.88	227.50	227.19	-0.01380371	-0.00306869	4.2359E-05	0.3125
5	227.19	227.50	227.34	-0.00306869	0.00228924	-7.025E-06	0.15625
6	227.19	227.34	227.27	-0.00306869	-0.00038893	1.1935E-06	0.078125
7	227.27	227.34	227.30	-0.00038893	0.00095036	-3.6962E-07	0.0390625
8	227.27	227.30	227.29	-0.00038893	0.00028077	-1.092E-07	0.01953125
9	227.27	227.29	227.28	-0.00038893	-5.4068E-05	2.1028E-08	0.00976563
10	227.28	227.29	227.28	-5.4068E-05	0.00011335	-6.1287E-09	0.00488281

5.1.2. CÁLCULO DE FUERZAS Y VIDA UTIL DE LAS FAJAS DE LA PRIMERA TRANSMISION

Una vez calculado la potencia y torque efectivos, se necesita calcular las fuerzas que ejercen las fajas sobre el tambor para cualquier cálculo en los rodamientos del tambor. En la figura 5.3. se ha hecho el diagrama de cuerpo libre de la transmisión con las dimensiones de distancias, ángulos y fuerzas calculados en la tabla 5.3.

FIGURA 5.3.: DCL DE LA PRIMERA TRANSMISION

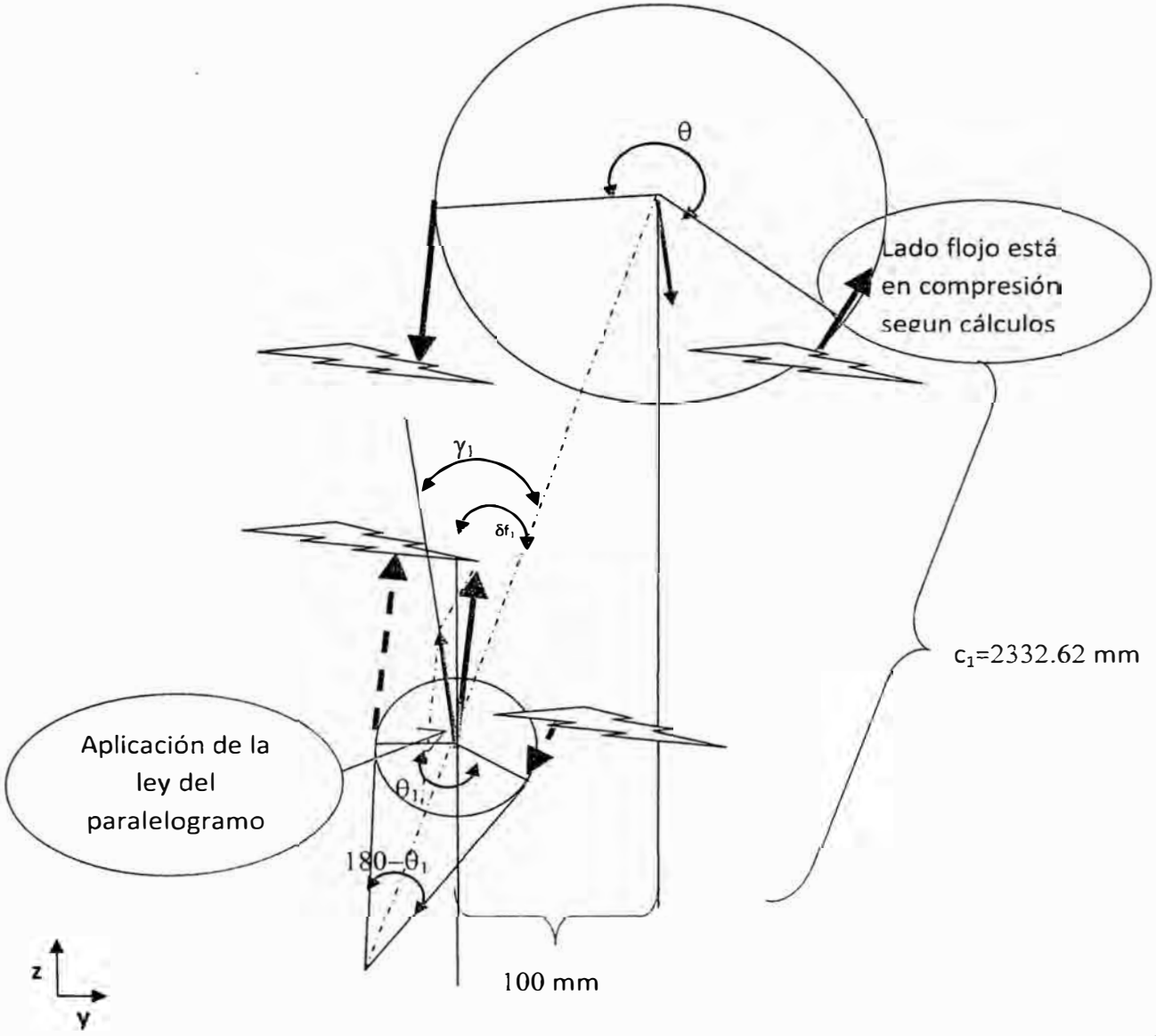


TABLA 5.3. CALCULO DE VIDA UTIL DE LAS FAJAS E441 QUE TRACCIONAN EL TAMBOR

(METODO MAXIMO ESFUERZO NORMAL)

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
EFICIENCIA DE LA TRANSMISION x FAJAS 1	%	η_{f1}	-	Valor que se asume (velocidad lenta)	96.00%
FACTOR DE SERVICIO DE TRANSMISION POR FAJAS (MAQUINA MOVIDA: MOLINO - MAQUINA MOTRIZ CLASE 2 EJE)	Adimensional	fs	-	Tabla 1 - Ref. 10	1.6000
POTENCIA DE DISEÑO A LA ENTRADA DE LA TRANSMISION PARA LA CARGA ANALIZADA	kW	P_1	-	$P_1 = P*fs/\eta_{f1}$	154.7898
DIAMETRO EXTERIOR POLEA MOTRIZ (mm)	mm	$d1_e$	-	Plano 1	505.0000
DIAMETRO SUPERFICIE CILINDRO (mm)	mm	$D1_i$	-	Plano 1 - Manual de usuario	3186.0000
NUMERO DE FAJAS DE LA TRANSMISION	Adimensional	z_1	-	Observación	17.0000
MEDIDA DE RAIZ DE CANAL "E" A LINEA PRIMITIVA POLEA MOTRIZ	mm	h	-	Anexo 5 (dimensiones de poleas SACMI)	23.4000
MEDIDA DE LINEA PRIMITIVA "E" A LINEA EXTERIOR POLEA MOTRIZ	mm	P	-	Anexo 5 (dimensiones de poleas SACMI)	9.6000
ESPESOR DE FAJA	mm	e_f	-	Manual SKF de correas trapeciales clasicas	23.0000
ANCHO DE CANAL DE POLEA EN LA LINEA PRIMITIVA	mm	l_{p1}	-	Anexo 5 (dimensiones de poleas SACMI)	9.6000
ANGULO DE CANAL DE POLEA	° sex	β_1	-	Anexo 5 (dimensiones de poleas SACMI)	36.0000
LONGITUD NOMINAL INTERIOR DE FAJA E441	mm	Li	-	Manual SKF de correas trapeciales clasicas	11201.0000
LONGITUD NOMINAL PRIMITIVA DE FAJA E441	mm	L	-	Manual SKF de correas trapeciales clasicas	11272.0000
DENSIDAD LINEAL DE FAJA E441	kg/m	ρ_{l1}	-	$\rho_{l1} = A_1 * q_1$	0.9026
AREA DE SECCION DE FAJA E441	mm^2	A_1	-	Calculo geométrico area de trapecio	707.6000
PESO ESPECIFICO APROXIMADO DE LA FAJA E441	N/dm^3	q_1	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V	12.5000
MODULO DE ELASTICIDAD LONGITUDINAL DE CORREA E441	Mpa	E_{flex1}	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V	80.0000

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
DIAMETRO PRIMITIVO POLEA MOTRIZ	mm	$d1_p$	-	$d1_p = d1_e - 2*p$	485.8000
DIAMETRO PRIMITIVO IMAGINARIO CILINDRO	mm	$D1_p$	-	$D1_p = D1_i - 2*(e_r-p)$	3212.8000
DISTANCIA NOMINAL ENTRE CENTROS	mm	c_1	-	c_1=(4*(L-(π*(D1$_p$+d1$_p$))/2)+POTENCIA(POTENCIA(-4*(L-(π*(D1$_p$+d1$_p$))/2),2)-4*8*POTENCIA(D1$_p$-d1$_p$,2),0.5))/(2*8)	2332.6188
DISTANCIA ENTRE EJES VERTICALES QUE PASAN POR LOS CENTROS DEL CILINDRO Y LA POLEA MOTRIZ	mm	c_{h1}	-	Plano 1	100.0000
ÁNGULO ENTRE EL EJE ENTRE CENTROS Y LA VERTICAL	mm	δ_{f1}°	-	δ_{f1}°=arcsen(c_{h1}/c_1)	2.4570
RELACION DE TRANSMISION	Adimensional	u_1	-	$u_1=D1_p/d1_p$	6.6134
VELOCIDAD CILINDRO (RPM)	rpm	N	-	Manual de usuario	12.7903
VELOCIDAD POLEA (RPM)	rpm	N_1	-	$N_1=N*u_1$	84.5879
VELOCIDAD REAL FAJA (m/s)	m/s	v_1	-	$v_1=\pi*N*D1_p/60000$	2.1516
ANGULO DE ABRAZO DE FAJA CILINDRO (°)	° sex	θ	–	θ° =2*arcsen((D1$_p$-d1$_p$)/(2*c))+180°	251.5405
ANGULO DE ABRAZO DE FAJA POLEA (°)	° sex	θ_1	-	θ_1=360-θ°	108.4595

(Continúa pág. sig...)

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
FUERZAS Y VIDA UTIL A CONDICIONES PESIMISTAS DE LA SUPERFICIE DE FRICCION (COEF. DE FRICCION MINIMO Y TENSADO MAXIMO)					
COEFICIENTE DE ROZAMIENTO EFECTIVO POLEA MOTRIZ	Adimensional	f_1	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V para tensado máximo	0.5123
COEFICIENTE DE ROZAMIENTO EFECTIVO CILINDRO	Adimensional	f	-	$f=f_1*sen(\beta_1)$	0.1583
COEFICIENTE DE ANGULO DE CONTACTO POLEA MOTRIZ	Adimensional	C_{01}	-	$C_{01}=1.25*(1-1/e^{f1*\theta_1})$	0.7760
COEFICIENTE DE ANGULO DE CONTACTO CILINDRO	Adimensional	C_θ	-	$C_\theta=1.25*(1-1/e^{f*\theta})$	0.6262
FACTOR DE TENSADO	Adimensional	ft_1	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V para tensado máximo	2.5000
TENSION ESTATICA NOMINAL MAXIMA (REQUERIDA EN CONDICIONES PESIMISTAS DE LA SUPERFICIE DE FRICCIÓN)	N	S_{01}	-	$S_{01}=((500*(ft_1-C_0)*P_1/(z*v*C_\theta))+\rho_{l1}*v^2)$	6336.2030
ESFUERZO POR TENSADO ESTATICO	Mpa	σ_{01}	3.29	$\sigma_{01}=S_{01}/A_1$	8.9545
ESFUERZO POR LA FUERZA CENTRÍFUGA	Mpa	σ_{v1}	3.29	$\sigma_{v1}=q_1*v_1^2/(1000*g)$	0.0059
ESFUERZO POR FUERZA UTIL	Mpa	σ_{p1}	3.29	$\sigma_{p1}=1000*P/(z_1*v_1*A_1)$	5.9806
ESFUERZO DE FLEXION	Mpa	σ_{flex1}	3.29	$\sigma_{flex1}=E_{flex1}*e_f/d1_p$	3.7876
ESFUERZO MAXIMO	Mpa	σ_{max1}	3.29	$\sigma_{max1}=\sigma_{01}+\sigma_{v1}+\sigma_{p1}/2+\sigma_{flex1}$	15.7382
FUERZA RAMAL CARGA EN FIBRA NEUTRA	kN	$F1_1$	-	$F1_1=(\sigma_{01}+\sigma_{v1}+\sigma_{p1}/2)*A_1/1000$	8.4563
FUERZA RAMAL FLOJO EN FIBRA NEUTRA	kN	$F2_1$	-	$F2_1=(\sigma_{01}+\sigma_{v1}-\sigma_{p1}/2)*A_1/1001$	4.2245
FUERZA TOTAL SOBRE TRANSMISION	|	FF_1	-	$FF_1=z*raiz_cuadrada(F1_1+F2_1+2*F1_1*F2_1*cos(180-\theta_1))$	179.8930
VIDA UTIL EN HORAS	horas	H_1	3.29	$H_1=10^7*(\sigma_{fat})^{11.1}*L/(3.6*10^6*v*2*(\sigma_{max1})^{11.1})$	14.7158
VIDA UTIL EN DIAS (CONSIDERANDO USO DE 15 HRS / DIA)	dias	D_1	-	$D_1=H_1/15$	0.9811
VIDA UTIL EN MESES	meses	M_1	-	$M_1=D_1/30$	0.0327
VIDA UTIL EN AÑOS	años	A_1	-	$A_1=M_1/12$	0.0027

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
FUERZAS Y VIDA UTIL A CONDICIONES OPTIMISTAS DE LA SUPERFICIE DE FRICCION (COEF. DE FRICCION MAXIMO Y TENSADO MINIMO)					
COEFICIENTE DE ROZAMIENTO EFECTIVO POLEA MOTRIZ	Adimensional	f_1	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V para tensado máximo	1.4690
COEFICIENTE DE ROZAMIENTO EFECTIVO CILINDRO	Adimensional	f	-	$f=f_1*sen(\beta_1)$	0.4539
COEFICIENTE DE ANGULO DE CONTACTO POLEA MOTRIZ	Adimensional	$C_{\theta 1}$	-	$C_{01}=1.25*(1-1/e^{f1*01})$	1.1725
COEFICIENTE DE ANGULO DE CONTACTO CILINDRO	Adimensional	C_θ	-	$C_\theta=1.25*(1-1/e^{f*\theta})$	1.0796
FACTOR DE TENSADO	Adimensional	ft_1	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V para tensado máximo	2.0200
TENSION ESTATICA NOMINAL MINIMA (REQUERIDA EN CONDICIONES OPTIMISTAS DE LA SUPERFICIE DE FRICCIÓN)	N	S_{01}	-	$S_{01}=((500*(ft_1-C_0)*P_1/(z*v*C_\theta))+\rho_{l1}*v^2)$	1847.1737
ESFUERZO POR TENSADO ESTATICO	Mpa	σ_{01}	3.29	$\sigma_{01}=S_{01}/A_1$	2.6105
ESFUERZO POR LA FUERZA CENTRÍFUGA	Mpa	σ_{v1}	3.29	$\sigma_{v1}=q_1*v_1^2/(1000*g)$	0.0059
ESFUERZO POR FUERZA UTIL	Mpa	σ_{p1}	3.29	$\sigma_{p1}=1000*P/(z_1*v_1*A_1)$	5.9806
ESFUERZO DE FLEXION	Mpa	σ_{flex1}	3.29	$\sigma_{flex1}=E_{flex1}*e_f/d1_p$	3.7876
ESFUERZO MAXIMO	Mpa	σ_{max1}	3.29	$\sigma_{max1}=\sigma_{01}+\sigma_{v1}+\sigma_{p1}/2+\sigma_{flex1}$	9.3942
FUERZA RAMAL CARGA EN FIBRA NEUTRA	kN	$F1_1$	-	$F1_1=(\sigma_{01}+\sigma_{v1}+\sigma_{p1}/2)*A_1/1000$	3.9673
FUERZA RAMAL FLOJO EN FIBRA NEUTRA	kN	$F2_1$	-	$F2_1=(\sigma_{01}+\sigma_{v1}-\sigma_{p1}/2)*A_1/1001$	-0.2646
FUERZA TOTAL SOBRE TRANSMISION	kN	FF_1	-	$FF_1=z*raiz_cuadrada(F1_1+F2_1+2*F1_1*F2_1*cos(180-\theta_1))$	66.1571
VIDA UTIL EN HORAS	horas	H_1	3.29	$H_1=10^7*(\sigma_{fat})^{11.1}*L/(3.6*10^6*v*2*(\sigma_{max1})^{11.1})$	4521.0816
VIDA UTIL EN DIAS (CONSIDERANDO USO DE 15 HRS / DIA)	dias	D_1	-	$D_1=H_1/15$	301.4054
VIDA UTIL EN MESES	meses	M_1	-	$M_1=D_1/30$	10.0468
VIDA UTIL EN AÑOS	años	A_1	-	$A_1=M_1/12$	0.8372

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
VIDA UTIL A TENSION ESTATICA MAXIMA SEGÚN MANUAL DE USUARIO					
TENSION ESTATICA MAXIMA SEGÚN MANUAL DE USUARIO	N	S_{01fab}	-	Manual del fabricante	1916.6667
ESFUERZO POR TENSADO ESTATICO	Mpa	σ_{01fab}	3.29	$\sigma_{01fab}=S_{01fab}/A_1$	2.7087
ESFUERZO POR LA FUERZA CENTRÍFUGA	Mpa	σ_{v1}	3.29	$\sigma_{v1}=q_1*v_1^2/(1000*g)$	0.0059
ESFUERZO POR FUERZA UTIL	Mpa	σ_{p1}	3.29	$\sigma_{p1}=1000*P/(z_1*v_1*A_1)$	5.9806
ESFUERZO DE FLEXION	Mpa	σ_{flex1}	3.29	$\sigma_{flex1}=E_{flex1}*e_f/d1_p$	3.7876
ESFUERZO MAXIMO	Mpa	$\sigma_{max1fab}$	3.29	$\sigma_{max1fab}=\sigma_{01fab}+\sigma_{v1}+\sigma_{p1}/2+\sigma_{flex1}$	9.4924
FUERZA RAMAL CARGA EN FIBRA NEUTRA	kN	$F1_{1fab}$	-	$F1_{1fab}=(\sigma_{01fab}+\sigma_{v1}+\sigma_{p1}/2)*A_1/1000$	4.0368
FUERZA RAMAL FLOJO EN FIBRA NEUTRA	kN	$F2_{1fab}$	-	$F2_{1fab}=(\sigma_{01fab}+\sigma_{v1}-\sigma_{p1}/2)*A_1/1001$	-0.1951
FUERZA TOTAL SOBRE TRANSMISION	kN	FF_{1fab}	-	$FF_{1fab}=z*raiz_cuadrada(F1_{1fab2}+F2_{1fab2}+2*F1_{1fab}*F2_{1fab}*\cos(180-\theta_1))$	67.6480
ANGULO DE LA FUERZA TOTAL RESPECTO AL EJE ENTRE CENTROS	° sex	$\gamma_1°$	-	$\gamma_1°=\arctan(F1_{1fab}*sen(180-\theta_1)/(F2_{1fab}+F1_{1fab}*\cos(180-\theta_1)))-(180-\theta_1)/2$	38.4355
FUERZA HORIZONTAL DE FAJA SOBRE TRANSMISION	**kN**	FF_{1fabh}	-	$FF_{1fabh}=FF_{1fab}*sen(\gamma_1-\delta_1)$	**39.7419**
FUERZA VERTICAL DE FAJA SOBRE TRANSMISION	**kN**	FF_{1fabv}	-	$FF_{1fabv}=FF_{1fabh}*\cos(\gamma_1-\delta_1)$	**54.7434**
VIDA UTIL EN HORAS	**horas**	H_{1fab}	**3.29**	$H_{1fab}=10^7*(\sigma_{fat})^{11.1}*L/(3.6*10^6*v*2*(\sigma_{max1})^{11.1})$	**4028.1676**
VIDA UTIL EN DIAS (CONSIDERANDO USO DE 15 HRS / DIA)	**dias**	D_{1fab}	-	$D_{1fab}=H_{1fab}/15$	**268.5445**
VIDA UTIL EN MESES	**meses**	M_{1fab}	-	$M_{1fab}=D_{1fab}/30$	**8.9515**
VIDA UTIL EN AÑOS	**años**	A_{1fab}	-	$A_{1fab}=M_{1fab}/12$	**0.7460**

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
VERIFICACION DE DISEÑO DEL FABRICANTE					
CAPACIDAD DE POTENCIA POR FAJA POLEA 19" - RPM 50 DE TABLA	HP	-	-	Tabla 12 - Pag. 72 - Ref. 10	4.9400
CAPACIDAD DE POTENCIA POR FAJA POLEA 19" - RPM 100 DE TABLA	HP	-	-	Tabla 12 - Pag. 72 - Ref. 10	8.8700
CAPACIDAD DE POTENCIA POR FAJA POLEA 19" - RPM 84.59 DE TABLA	HP	HP_{faja}	-	INTERPOLACION	7.6586
CAPACIDAD ADICIONAL POR FAJA DE TABLA	HP	HP_{ad}	-	Tabla 6 - Pag. 61 - Ref. 10	0.6775
CAPACIDAD NETA DE POTENCIA POR FAJA	kW	$P_{net/faja}$	-	$P_{net/faja}=(HP_{faja}+HP_{ad})*0.7457$	6.2163
FACTOR DE LONGITUD DE FAJA PARA E441	Adimensional	C_L	-	Interpolación tabla 7 - Pág. 63 - Ref.10	1.1000
CANTIDAD TEORICA DE FAJAS A CONDICIONES PESIMISTAS	Adimensional	z_t	-	$z_t=P_1/(P_{net/faja}*C_\theta*C_L)$	36.1519
CANTIDAD TEORICA DE FAJAS A CONDICIONES OPTIMISTAS	Adimensional	z_t		$z_t=P_1/(P_{net/faja}*C_\theta*C_L)$	20.9674

5.1.3. ANÁLISIS DE FUERZAS EN LOS PLANOS HORIZONTAL Y VERTICAL Y CALCULO DE VIDA UTIL DE LOS RODAMIENTOS DEL TAMBOR

La figura 5.4. muestran el diagrama de cuerpo libre de todas las fuerzas actuantes sobre el tambor en los planos horizontal (vista en planta x-y) y vertical (x-z) y las reacciones de los apoyos. Las dimensiones se han obtenido usando el comando "dist" del software autocad del plano 1 de la planta que tiene la vista en planta de los molinos en forma de bloques a escala suministrados por el fabricante. En la tabla 5.4. se muestran los cálculos correspondientes a las fuerzas y vida útil de los apoyos.

FIGURA 5.4.: DCL DEL TAMBOR PLANOS X-Z Y Y-X

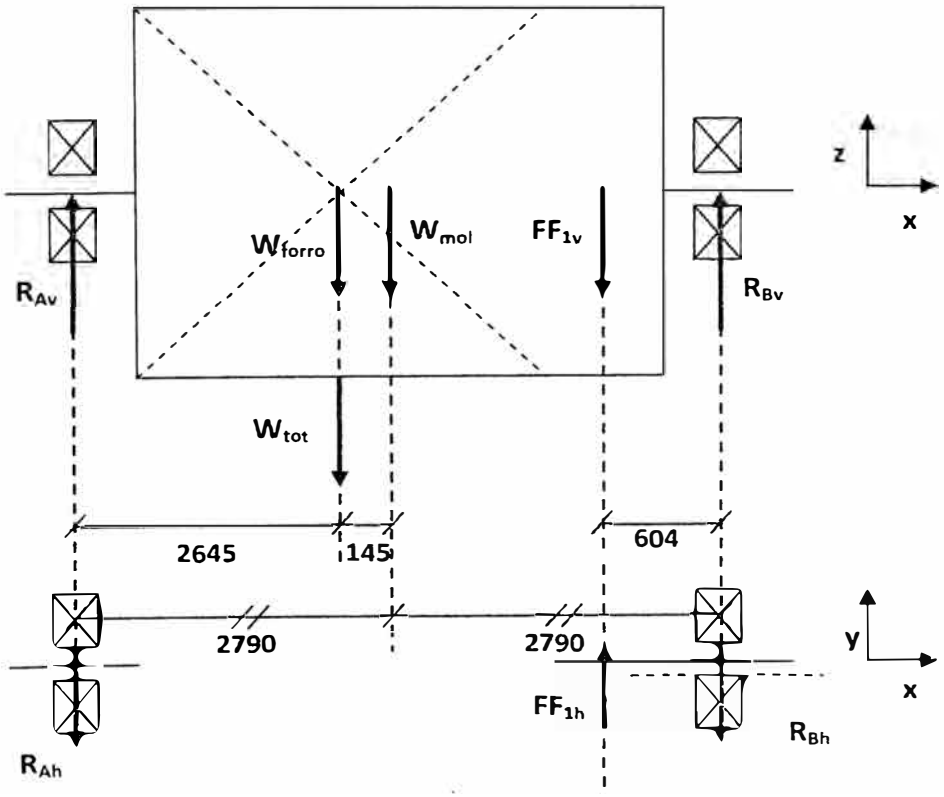


TABLA 5.4. ANALISIS DE FUERZAS Y TORQUES TOTALES APLICADOS AL TAMBOR DEL MOLINO MTD340 EN EL PLANO VERTICAL X-Z Y EL PLANO HORIZONTAL X-Y

PARAMETRO DEL MOLINO O FUERZA (DATO O CALCULO)	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
CARGA DEL MOLINO SIN FORRO SOBRE RODAMIENTOS	kN	W_{mol}	-	Manual de usuario - Conversión de unidades	127.43
CARGA DEL FORRO	kN	W_{forro}	-	Manual de usuario - Conversión de unidades	46.11
CARGA VERTICAL POR LOS PESOS	kN	W_{tol}	-	$W_{tol} = W_{llen} + W_{sob}$	504.55
CARGA DE FAJAS VERTICAL	kN	FF_{1v}	-	Del cálculo de fajas según fuerza especificada x fabricante	54.74
CARGA DE FAJAS HORIZONTAL	kN	FF_{1h}	-	Del cálculo de fajas según fuerza especificada x fabricante	39.74
		W_m			
REACCION LADO CONDUCIDO VERTICAL	kN	R_{Av}	-	Aplicando $\sum MB=0$ en la figura 5.4: $R_{Av}*5580=(W_{forro}+W_{tol})*2935+FF_{1v}*604+W_{mol}*2790$	359.28
REACCION LADO MOTRIZ VERTICAL	kN	R_{Bv}	-	Aplicando $\sum Fz=0$ en la figura 5.4: $R_{Bv}=W_{forro}+W_{tol}+FF_{1v}+W_{mol}-R_{Av}$	373.55
REACCION LADO CONDUCIDO HORIZONTAL	kN	R_{ah}	-	Aplicando $\sum MB=0$ en la figura 5.4: $R_{Ah}*5580=FF_{1h}*604$	4.30
REACCION LADO MOTRIZ HORIZONTAL	kN	R_{Bh}	-	Aplicando $\sum Fy=0$ en la figura 5.4: $R_{Bh}=FF_{1h}-R_{Ah}$	35.44

REACCION LADO CONDUCIDO	**kN**	R_A	-	**Ley de paralelogramo**	**359.31**
REACCION LADO MOTRIZ	**kN**	R_B	-	**Ley de paralelogramo**	**375.23**

TABLA 5.5. CALCULO DE VIDA UTIL DE LOS RODAMIENTOS DEL TAMBOR

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
CAPACIDAD DE CARGA DINAMICA DE LOS RODAMIENTOS DE TAMBOR (23060 CCK W33)	kN	C	-	Manual de usuario - Manual SKF	1630.0000
LIMITE DE FATIGA	kN	Pu	-	Manual SKF	265.0000
DIAMETRO EXTERIOR	mm	$D_{RA/B}$	-	Manual SKF	460.0000
DIAMETRO INTERIOR REFERENCIAL (SOBRE EL MANGUITO)	mm	$d_{RA/B}$	-	Manual SKF	300.0000
DIAMETRO MEDIO	mm	$dm_{RA/B}$		$dm_{RA/B}=(D_{RA/B}+d_{RA/B})/2$	380.0000
VISCOSIDAD SEGUN RPM A TEMPERATURA 40°C	mm^2/s	$\upsilon 1$	-	Figura 3.18 (entrando con dm=380 y RPM=12.8)	300.0000
VISCOSIDAD REAL (A TEMPERATURA REAL SEGUN LA VISCOSIDAD NOMINAL DEL ACEITE)	mm^2/s	υ	-	Figura 3.19 (entrando con 40°-50°C y ISO 150)	160.0000
RELACION DE VISCOSIDADES	Adimensional	κ	-	$\kappa=\upsilon/\upsilon 1$	0.5333
VIDA UTIL RODAJE MOTRIZ SIN APLICACIÓN DE FACTORES	Horas	HRB	3.27	$HRB=(C/P)^{10/3}*1000000/(60*N)$	174284.1889
FACTOR nc*Pu/P nc=0.2 (contaminacion tipica: baño de aceite sin filtro)	Adimensional		-	Tabla 3.3.	0.1412
FACTOR askf de tabla	Adimensional	a_{SKF}	-	Figura 3.17	0.3000
VIDA UTIL RODAJE MOTRIZ APLICANDO FACTORES EN HORAS	**Horas**	**HRB'**	**3.27**	**$HRB'=a_1*a_{SKF}*HRB$**	**52285.2567**
VIDA UTIL RODAJE MOTRIZ APLICANDO FACTORES EN DIAS	**Días**	**DRB'**	**-**	**DRB'=HRB'/15**	**3485.6838**
VIDA UTIL RODAJE MOTRIZ APLICANDO FACTORES EN MESES	**Meses**	**MRB'**	**-**	**MRB'=DRB'/30**	**116.1895**
VIDA UTIL RODAJE MOTRIZ APLICANDO FACTORES EN AÑOS	**Años**	**ARB'**	**-**	**ARB'=MRB'/12**	**9.6825**
VIDA UTIL RODAJE CONDUCIDO SIN APLICACIÓN DE FACTORES	Horas	HRA	3.27	$HRA=(C/P)^{10/3}*1000000/(60*N)$	201390.5719
FACTOR nc*Pu/P nc=0.2 (contaminacion ligera por el entorno agresivo)	Adimensional		-	Tabla 3.3.	0.1475
FACTOR askf de tabla	Adimensional	a_{SKF}	-	Figura 3.17	0.3000
VIDA UTIL RODAJE CONDUCIDO APLICANDO FACTOR askf (hrs)	**Horas**	**HRA'**	**3.27**	**$HRA'=a_1*a_{SKF}*HRA$**	**60417.1716**
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (dias)	**Días**	**DRA'**	**-**	**DRA'=HRA'/15**	**4027.8114**
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (meses)	**Meses**	**MRA'**	**-**	**MRA'=DRA'/30**	**134.2604**
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (años)	**Años**	**ARA'**	**-**	**ARA'=MRA'/12**	**11.1884**

5.1.4. CÁLCULO DE FUERZAS Y VIDA ÚTIL DE LAS FAJAS DE LA SEGUNDA TRANSMISIÓN

En la figura 5.5. se ha hecho el diagrama de cuerpo libre de la transmisión con las dimensiones de distancias, ángulos y fuerzas calculados en la tabla 5.6.

FIGURA 5.5.: DCL DE LA SEGUNDA TRANSMISION

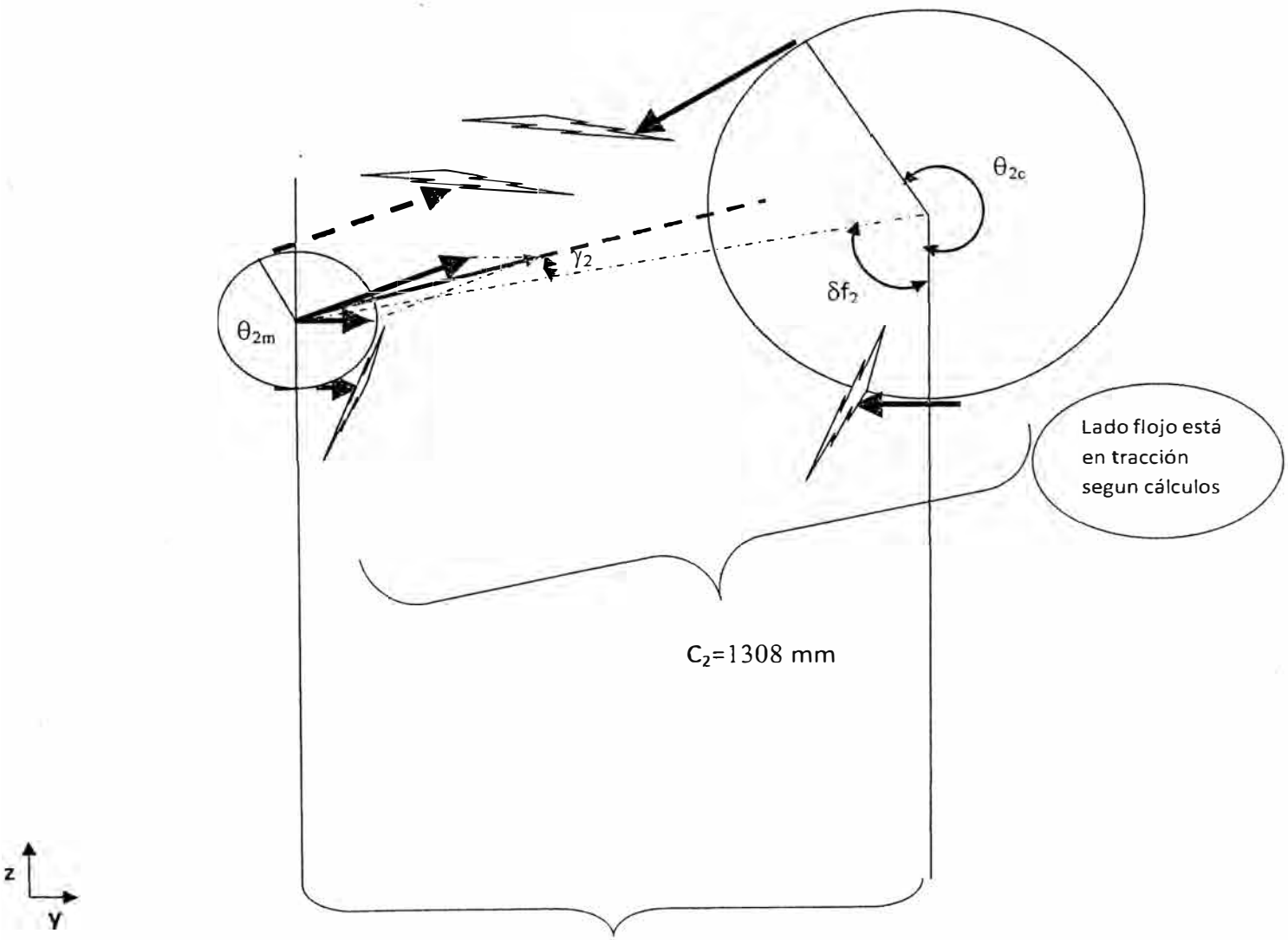


TABLA 5.6.: CALCULO DE VIDA UTIL DE LAS FAJAS 5V2120 QUE TRACCIONAN LA PRIMERA TRANSMISION (METODO GOOD YEAR)

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
EFICIENCIA DE LA TRANSMISION x FAJAS 1	%	η_{f1}	-	Valor que se asume	96.00%
EFICIENCIA DE RODAMIENTOS EJE TRANSMISION 1	%	η_{r1}	-	Valor que se asume	99.00%
EFICIENCIA DE LA TRANSMISION 2	%	η_{f2}	-	Valor que se asume	98.00%
FACTOR DE SERVICIO DE TRANSMISION POR FAJAS (MAQUINA MOVIDA: EJE DE TRANSMISION - MAQUINA MOTRIZ CLASE 1 EJE)	Adimensional	fs	-	Tabla 1 - Ref. 10	1.3000
POTENCIA DE DISEÑO DE LA TRANSMISION	kW	P_2	-	P_2 = P*fs/hf1*(hr1)^3*hf2	132.2617
NUMERO DE FAJAS DE LA TRANSMISION	Adimensional	z_2	-	Observación	25.0000
MEDIDA DE RAIZ DE CANAL "E" A LINEA PRIMITIVA POLEA MOTRIZ	mm	h	-	Anexo 5 (dimensiones de poleas SACMI)	23.4000
MEDIDA DE LINEA PRIMITIVA "E" A LINEA EXTERIOR POLEA MOTRIZ	mm	P	-	Anexo 5 (dimensiones de poleas SACMI)	9.6000
ESPESOR DE FAJA	mm	e_f	-	Manual SKF de correas trapeciales clasicas	13.0000
ANCHO DE CANAL DE POLEA EN LA LINEA PRIMITIVA	mm	l_{p2}	-	Anexo 5 (dimensiones de poleas SACMI)	9.6000
ANGULO DE CANAL DE POLEA	° sex	β_2	-	Anexo 5 (dimensiones de poleas SACMI)	38.0000
LONGITUD NOMINAL EXTERIOR DE FAJA 5V2120	mm	L_2	-	Manual SKF de correas trapeciales clasicas	5384.8000
DENSIDAD LINEAL DE FAJA 5V2120	kg/m	ρ_{l2}	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V	0.2100
AREA DE SECCION DE FAJA 5V2120	mm^2	A_2	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V	160.0000

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
PESO ESPECIFICO APROXIMADO DE LA FAJA 5V2120	N/dm^3	q_2	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V	12.5000
MODULO DE ELASTICIDAD LONGITUDINAL DE CORREA 5V2120	Mpa	E_{flex2}	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V	80.0000
DIAMETRO EXTERIOR POLEA MOTRIZ	mm	$d2_e$	-	Plano 1	190.0000
DIAMETRO EXTERIOR POLEA CONDUCIDA	mm	$D2_e$	-	Plano 1	1395.0000
DISTANCIA NOMINAL ENTRE CENTROS SIN TEMPLE	mm	c_2	-	$c_2=(4*(L_2-(\pi*(D2_e+d2_e))/2)+POTENCIA(POTENCIA(-4*(L_2-(\pi*(D2_e+d2_e))/2),2)-4*8*POTENCIA(D2_e-d2_e,2),0.5))/(2*8)$	1308.8726
DISTANCIA ENTRE EJES VERTICALES QUE PASAN POR LOS CENTROS DEL CILINDRO Y LA POLEA MOTRIZ	mm	c_{h2}	-	Plano 1	1259.0000
ÁNGULO ENTRE EL EJE ENTRE CENTROS Y LA VERTICAL	mm	$\delta_{2°}$	-	$\delta_{2°}=arcsen(c_{h2}/c_2)$	74.1325
RELACION DE TRANSMISION	Adimensional	u_2	-	$u_1=D2_e/d2_e$	7.3421
VELOCIDAD POLEA CONDUCIDA (RPM)	rpm	$N2_c$	-	Manual de usuario	84.5879
VELOCIDAD POLEA MOTRIZ (RPM)	rpm	$N2_m$	-	$N_{2m}=N_{2c}*u_1$	621.0530
VELOCIDAD REAL FAJA (m/s)	m/s	v_2	-	$v_2=\pi*N2_c*D2_e/60000$	6.1785
ANGULO DE ABRAZO DE FAJA POLEA CONDUCIDA (°)	° sex	θ_{2c}	–	$\theta_{2c}=2*arcsen((D2_e-d2_e)/(2*c_2))+180°$	234.8155
ANGULO DE ABRAZO DE FAJA POLEA MOTRIZ (°)	° sex	θ_{2m}	-	$\theta_{2m}=360-\theta_{2c}$	125.1845

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
FUERZAS Y VIDA UTIL A CONDICIONES PESIMISTAS DE LA SUPERFICIE DE FRICCION (COEF. DE FRICCION MINIMO Y TENSADO MAXIMO)					
COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DINAMICO	Adimensional	f2	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V	0.5123
COEFICIENTE DE ANGULO DE CONTACTO	Adimensional	$C_{\theta 2}$	-	$C_{\theta 2}=1.25*(1-1/e^{f2*\theta 2m})$	0.8419
FACTOR DE TENSADO MAXIMO	Adimensional	ft_2	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V para tensado máximo	2.5000
FUERZA LIMITE FATIGA	N	T_{fat2}	-	Tabla 3.4.	1242.0000
TENSION ESTATICA NOMINAL	N	S_{02}	-	$S_{01}=((500*(ft_2-C_{\theta 2})*P_2/(z_2*v_2*C_{\theta 2}))+\rho_{l2}*v_2^2)$	851.2658
FACTOR DE FLEXION NORMAL	Adimensional	Cb_2	-	Tabla 3.4.	4659.0000
FUERZA POR FLEXION DE CORREA POLEA MOTRIZ	N	T_{flex2m}	3.28	$T_{flex2m}=589*Cb_2/(d2_e)^{1.5}$	1047.7981
FUERZA POR FLEXION DE CORREA POLEA CONDUCIDA	N	T_{flex2c}	3.28	$T_{flex2m}=589*Cb_2/(D2_e)^{1.5}$	52.6680
FUERZA CENTRIFUGA	N	T_{fc2}	3.28	$T_{fc2}=\rho_{l2}*v_2^2$	8.0164
FUERZA SOBRE POLEA MOTRIZ RAMAL CARGA	N	T_{m2}	3.28	$T_{m2}=S_{02}+500*P_2/(z_2*v_2)+T_{fc2}+T_{flex2m}$	2335.2177
FUERZA SOBRE POLEA CONDUCIDA RAMAL CARGA	N	T_{c2}	3.28	$T_{c2}=S_{02}+500*P_2/(z_2*v_2)+T_{fc2}+T_{flex2c}$	1340.0876
EXPONENTE CURVA DE FATIGA	Adimensional	m_2	3.28	Referencia 1	11.1000
FUERZA RAMAL CARGA EN FIBRA NEUTRA	kN	$F1_2$	-	$F1_2=(S_{02}+500*P_2/(z_2*v_2)+T_{fc2})/1000$	1.2874
FUERZA RAMAL FLOJO EN FIBRA NEUTRA	kN	$F2_2$	-	$F2_2=(S_{02}-500*P_2/(z_2*v_2)+T_{fc2})/1000$	0.4311
FUERZA TOTAL SOBRE TRANSMISION	kN	FF_2	-	$FF_2=z_2*raiz_cuadrada(F1_2+F2_2+2*F1_2*F2_2*cos(180-\theta_{2m}/2))$	28.8566
VIDA UTIL EN HORAS	horas	H_2	3.28	$H_2=1477*(L_2^{1.25}/v_2)*(T_{fat2}^{m2}/T_{m2}^{m}+T_{c2}^{m})$	9950.9672
VIDA UTIL EN DIAS (CONSIDERANDO USO DE 15 HRS / DIA)	dias	D_2	-	$D_2=H_2/15$	663.3978
VIDA UTIL EN MESES	meses	M_2	-	$M_2=D_2/30$	22.1133
VIDA UTIL EN AÑOS	años	A_2	-	$A_2=M_2/12$	1.8428

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
FUERZAS Y VIDA UTIL A CONDICIONES OPTIMISTAS DE LA SUPERFICIE DE FRICCION (COEF. DE FRICCION MAXIMO Y TENSADO MINIMO)					
COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DINAMICO	Adimensional	f2	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V	1.4690
COEFICIENTE DE ANGULO DE CONTACTO	Adimensional	$C_{\theta 2}$	-	$C_{\theta 2}=1.25*(1-1/e^{f2*\theta 2m})$	1.1995
FACTOR DE TENSADO MAXIMO	Adimensional	ft_2	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V para tensado máximo	2.0200
FUERZA LIMITE FATIGA	N	T_{fat2}	-	Tabla 3.4.	1242.0000
TENSION ESTATICA NOMINAL	N	S_{02}	-	$S_{01}=((500*(ft_2-C_{\theta 2})*P_2/(z_2*v_2*C_{\theta 2}))+\rho_{l2}*v_2^2)$	300.8571
FACTOR DE FLEXION NORMAL	Adimensional	Cb_2	-	Tabla 3.4.	4659.0000
FUERZA POR FLEXION DE CORREA POLEA MOTRIZ	N	T_{flex2m}	3.28	$T_{flex2m}=589*Cb_2/(d2_e)^{1.5}$	1047.7981
FUERZA POR FLEXION DE CORREA POLEA CONDUCIDA	N	T_{flex2c}	3.28	$T_{flex2m}=589*Cb_2/(D2_e)^{1.5}$	52.6680
FUERZA CENTRIFUGA	N	T_{fc2}	3.28	$T_{fc2}=\rho_{l2}*v_2^2$	8.0164
FUERZA SOBRE POLEA MOTRIZ RAMAL CARGA	N	T_{m2}	3.28	$T_{m2}=S_{02}+500*P_2/(z_2*v_2)+T_{fc2}+T_{flex2m}$	1784.8090
FUERZA SOBRE POLEA CONDUCIDA RAMAL CARGA	N	T_{c2}	3.28	$T_{c2}=S_{02}+500*P_2/(z_2*v_2)+T_{fc2}+T_{flex2c}$	789.6789
EXPONENTE CURVA DE FATIGA	Adimensional	m_2	3.28	Referencia 1	11.1000
FUERZA RAMAL CARGA EN FIBRA NEUTRA	kN	$F1_2$	-	$F1_2=(S_{02}+500*P_2/(z_2*v_2)+T_{fc2})/1000$	0.7370
FUERZA RAMAL FLOJO EN FIBRA NEUTRA	kN	$F2_2$	-	$F2_2=(S_{02}-500*P_2/(z_2*v_2)+T_{fc2})/1000$	-0.1193
FUERZA TOTAL SOBRE TRANSMISION	kN	FF_2	-	$FF_2=z_2*raiz_cuadrada(F1_2+F2_2+2*F1_2*F2_2*cos(180-\theta_{2m}/2))$	16.8840
VIDA UTIL EN HORAS	horas	H_2	3.28	$H_2=1477*(L_2^{1.25}/v_2)*(T_{fat2}^{m2}/T_{m2}^{m}+T_{c2}^{m})$	197011.6820
VIDA UTIL EN DIAS (CONSIDERANDO USO DE 15 HRS / DIA)	dias	D_2	-	$D_2=H_2/15$	13134.1121
VIDA UTIL EN MESES	meses	M_2	-	$M_2=D_2/30$	437.8037
VIDA UTIL EN AÑOS	años	A_2	-	$A_2=M_2/12$	36.4836

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
VIDA UTIL A TENSION ESTATICA MAXIMA SEGÚN MANUAL DE USUARIO					
TENSION ESTATICA MAXIMA SEGÚN MANUAL DE USUARIO	N	S_{02}	-	Manual de usuario	615.6667
FACTOR DE FLEXION NORMAL	Adimensional	Cb_2	-	Tabla 3.4.	4659.0000
FUERZA POR FLEXION DE CORREA POLEA MOTRIZ	N	T_{flex2m}	3.28	$T_{flex2m}=589*Cb_2/(d2_e)^{1.5}$	1047.7981
FUERZA POR FLEXION DE CORREA POLEA CONDUCIDA	N	T_{flex2c}	3.28	$T_{flex2m}=589*Cb_2/(D2_e)^{1.5}$	52.6680
FUERZA CENTRIFUGA	N	T_{fc2}	3.28	$T_{fc2}=\rho_{l2}*v_2^2$	8.0164
FUERZA SOBRE POLEA MOTRIZ RAMAL CARGA	N	T_{m2}	3.28	$T_{m2}=S_{02}+500*P_2/(z_2*v_2)+T_{fc2}+T_{flex2m}$	2099.6185
FUERZA SOBRE POLEA CONDUCIDA RAMAL CARGA	N	T_{c2}	3.28	$T_{c2}=S_{02}+500*P_2/(z_2*v_2)+T_{fc2}+T_{flex2c}$	1104.4884
EXPONENTE CURVA DE FATIGA	Adimensional	m_2	3.28	Referencia 1	11.1000
FUERZA RAMAL CARGA EN FIBRA NEUTRA	kN	$F1_{2fab}$	-	$F1_{2fab}=(S_{02}+500*P2/(z2*v2)+T_{fc2})/1000$	1.0518
FUERZA RAMAL FLOJO EN FIBRA NEUTRA	kN	$F2_{2fab}$	-	$F2_{2fab}=(S_{02}-500*P2/(z2*v2)+T_{fc2})/1000$	0.1955
FUERZA TOTAL SOBRE TRANSMISION	kN	FF_{2fab}	-	$FF_2=z*raiz_cuadrada(F1_{2fab}+F2_{2fab}+2*F1_{2fab}*F2_{2fab}*\cos(180-\theta_{2m}))$	29.3853
ANGULO DE LA FUERZA TOTAL RESPECTO AL EJE ENTRE CENTROS	° sex	$\gamma_2°$	-	$\gamma_2°=\arctan(F1_{2fab}*\text{sen}(180-\theta_{2m})/(F2_{2fab}-F1_{2fab}*\cos(180-\theta_{2m})))-(180-\theta_{2m})/2$	19.5931
FUERZA HORIZONTAL DE FAJA SOBRE TRANSMISION	**kN**	FF_{2fabh}	-	$FF_{2fabh}=FF_{2fab}*\text{sen}(\delta_2-\gamma_2)$	**23.9348**
FUERZA VERTICAL DE FAJA SOBRE TRANSMISION	**kN**	FF_{2fabv}	-	$FF_{2fabv}=FF_{2fab}*\cos(\delta_2-\gamma_2)$	**17.0477**
VIDA UTIL EN HORAS	**horas**	H_2	3.28	$H_2=1477*(L_2^{1.25}/v_2)*(T_{fat2}^{m2}/T_{m2}^{m}+T_{c2}^{m})$	**32441.8347**
VIDA UTIL EN DIAS (CONSIDERANDO USO DE 15 HRS / DIA)	**dias**	D_2	-	$D_2=H_2/15$	**2162.7890**
VIDA UTIL EN MESES	**meses**	M_2	-	$M_2=D_2/30$	**72.0930**
VIDA UTIL EN AÑOS	**años**	A_2	-	$A_2=M_2/12$	**6.0077**

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
VERIFICACION DE DISEÑO DEL FABRICANTE					
CAPACIDAD DE POTENCIA POR FAJA PARA 5V2120	kW	kW_{faja2}	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V	5.4745
CAPACIDAD ADICIONAL	kW	kW_{ad2}	-	Tabla 18 - Pág. 77 - Ref.10	0.5317
CAPACIDAD NETA DE POTENCIA POR FAJA	kW	$P_{net/faja2}$	-	$P_{net/faja2}=(kW_{faja2}+kW_{ad2})$	6.0062
FACTOR DE LONGITUD DE FAJA PARA 5V2120	Adimensional	C_{L2}	-	Tabla 19 - Pág. 78 - Ref.10	1.0900
CANTIDAD TEORICA DE FAJAS A CONDICIONES PESIMISTAS	Adimensional	z_t	-	$z_t=P_2/(P_{net/faja2}*C_{\theta 2}*C_{L2})$pesimista	23.9974
CANTIDAD TEORICA DE FAJAS A CONDICIONES OPTIMISTAS	Adimensional	z_t		$z_t=P_2/(P_{net/faja2}*C_{\theta 2}*C_{L2})$optimista	16.8421

5.1.5. CÁLCULO DE VIDA ÚTIL DE LOS RODAMIENTOS DE LA PRIMERA TRANSMISIÓN

Para calcular las cargas sobre los rodamientos se ha tomado como si los rodamientos dobles en D fuera uno y luego se repartió la carga proporcionalmente a cada uno. Los pesos de las poleas se tomaron mediante balanza electrónica aprovechando una actividad de mantenimiento y se ha considerado el punto de aplicación al extremo del eje (es excéntrico, se ha estimado la condición pesimista). El eje por ser escalonado, se le dividió en secciones y se calculó el volumen de cada sección según fórmulas geométricas para cilindros y se multiplicó por la densidad del acero SAE 1045 (que es el material consultado al fabricante) obviándose el peso de separadores y sellos excepto un tubo sobre la sección 4 que se consideró como parte del eje. La figura 5.6. muestra el DCL del eje de transmisión cuyas dimensiones se basaron en el informe que presentó un proveedor Mechanic System a la compañía sobre las tolerancias en que encontró el eje y las poleas tras su desmontaje por falla. La tabla 5.7. muestra los cálculos.

FIGURA 5.6.: DCL DEL EJE PRIMERA TRANSMISION

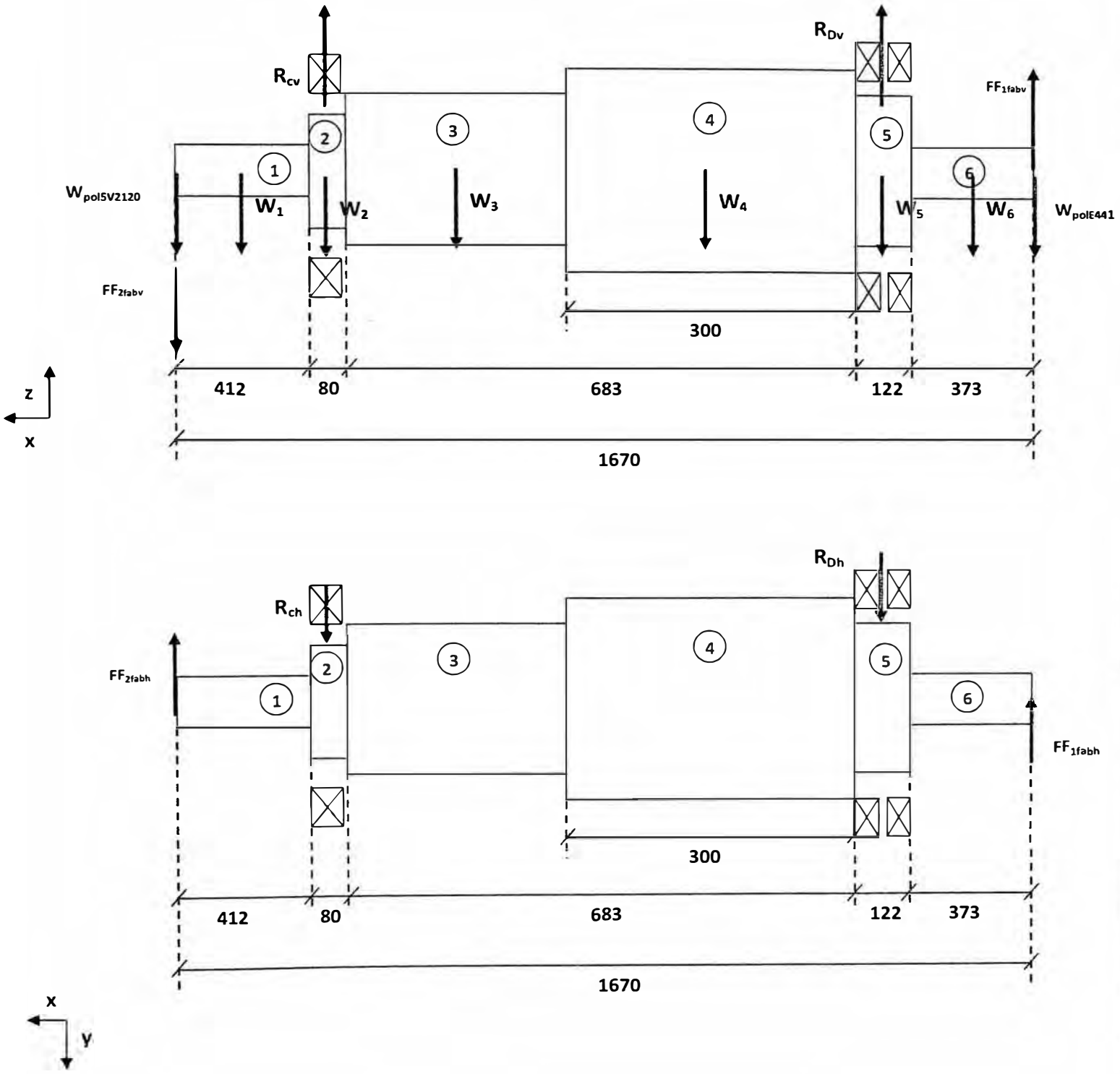


TABLA 5.7.: CALCULO DE VIDA UTIL DE LOS RODAMIENTOS DE LA PRIMERA TRANSMISION

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FÓRMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
COMPONENTE VERTICAL DE CARGA FAJAS E	kN	FF_{1fabv}	-	Del calculo de fajas E	54.7434
COMPONENTE HORIZONTAL DE CARGA FAJAS E	kN	FF_{1fabh}	-	Del cálculo de fajas E	39.7419
VELOCIDAD DE LAS FAJAS 5V2120	m/s	v_2	-	Del cálculo de fajas 5V2120	6.1785
COMPONENTE VERTICAL DE CARGA FAJAS 5V2120	kN	FF_{2fabv}	-	Del cálculo de fajas 5V2120	17.0477
COMPONENTE HORIZONTAL DE CARGA FAJAS 5V2120	kN	FF_{2fabh}	-	Del cálculo de fajas 5V2121	23.9348
PESO DE POLEA FAJAS E	kN	$W_{polE441}$	-	Pesado en balanza	2.5
PESO DE POLEA FAJAS 5V	kN	$W_{pol5V2120}$	-	Pesado en balanza	5
PESO ESPECIFICO DEL ACERO 1045	kN/mm3	γ_{1045}	-	Datos de internet	7.72047E-08
DIAMETRO SECCION 1 EJE	mm	D_{s1}	-	Figura 5.6. - Medición con vemier	128
DIAMETRO SECCION 2 EJE	mm	D_{s2}	-	Figura 5.6. - Medición con vemier	130
DIAMETRO SECCION 3 EJE	mm	D_{s3}	-	Figura 5.6. - Medición con vemier	156
DIAMETRO SECCION 4 EJE	mm	D_{s4}	-	Figura 5.6. - Medición con vemier	164
DIAMETRO SECCION 5 EJE	mm	D_{s5}	-	Figura 5.6. - Medición con vemier	150
DIAMETRO SECCION 6 EJE	mm	D_{s6}	-	Figura 5.6. - Medición con vemier	140
LONGITUD SECCION 1 EJE	mm	L_{s1}	-	Figura 5.6. - Medición con vemier	412
LONGITUD SECCION 2 EJE	mm	L_{s2}	-	Figura 5.6. - Medición con vemier	80
LONGITUD SECCION 3 EJE	mm	L_{s3}	-	Figura 5.6. - Medición con vemier	383
LONGITUD SECCION 4 EJE	mm	L_{s4}	-	Figura 5.6. - Medición con vemier	300
LONGITUD SECCION 5 EJE	mm	L_{s5}	-	Figura 5.6. - Medición con vemier	122
LONGITUD SECCION 6 EJE	mm	L_{s6}	-	Figura 5.6. - Medición con vemier	373

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FÓRMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
PESO SECCION 1 DEL EJE	kN	W_1	-	$W_1=\gamma_{1045}*p*D_{s1}^{2}*L_{s1}/4$	0.4093
PESO SECCION 2 DEL EJE	kN	W_2	-	$W_2=\gamma_{1045}*p*D_{s2}^{2}*L_{s2}/4$	0.0820
PESO SECCION 3 DEL EJE	kN	W_3	-	$W_3=\gamma_{1045}*p*D_{s3}^{2}*L_{s3}/4$	0.5652
PESO SECCION 4 DEL EJE	kN	W_4	-	$W_4=\gamma_{1045}*p*D_{s4}^{2}*L_{s4}/4$	0.4893
PESO SECCION 5 DEL EJE	kN	W_5	-	$W_5=\gamma_{1045}*p*D_{s5}^{2}*L_{s5}/4$	0.1664
PESO SECCION 6 DEL EJE	kN	W_6	-	$W_6=\gamma_{1045}*p*D_{s6}^{2}*L_{s6}/4$	0.4433
REACCION VERTICAL EN C	kN	R_{Cv}	-	Aplicando $\sum MD=0$ en la figura 5.6: $R_{CV}*(L_{s2}/2+L_{s3}+L_{s4}+L_{s5}/2)=(W_{pol5V2120}+FF_{2fabv})*(L_{s1}+L_{s2}+L_{s3}+L_{s4}+L_{s5}/2)+W_1*(L_{s1}/2+L_{s2}+L_{s3}+L_{s4}+L_{s5}/2)+W_2*(L_{s2}/2+L_{s3}+L_{s4}+L_{s5}/2)+W_3*(L_{s3}/2+L_{s4}+L_{s5}/2)+W_4*(L_{s4}/2+L_{s5}/2)-W_6*(L_{s5}/2+L_{s6}/2)-(W_{polE441}-FF_{1fabv})*(L_{s5}/2+L_{s6})$	64.6890
REACCION VERTICAL EN D	kN	R_{Dv}	-	Aplicando $\sum Fz=0$ en la figura 5.6: $R_{DV}=-R_{CV}-FF_{1fabv}+W_{pol5V2120}+FF_{2fabv}+W_{polE441}+W_1+W_2+W_3+W_4+W_5+W_6$	-92.7292
REACCION HORIZONTAL EN C	kN	R_{Ch}	-	Aplicando $\sum MD=0$ en la figura 5.6: $R_{Ch}*(L_{s2}/2+L_{s3}+L_{s4}+L_{s5}/2)=(FF_{f2fabh})*(L_{s1}+L_{s2}+L_{s3}+L_{s4}+L_{s5}/2)-(FF_{f1fabh})*(L_{s5}/2+L_{s6})$	15.7339
REACCION HORIZONTAL EN D	kN	RD_h	-	Aplicando $\sum Fy=0$ en la figura 5.6: $R_{Dh}=-R_{Cv}+FF_{f1h}+FF_{f2h}$	47.9428
REACCION EN C	kN	R_C	-	Ley del paralelogramo	66.5749
REACCION EN D	kN	R_D	-	Ley del paralelogramo	104.3897
REACCION POR CADA RODAMIENTO EN D	kN	R_D'	-	$R_{D'}=R_D/2$	52.1949

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FÓRMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
CAPACIDAD DE CARGA DINAMICA DEL RODAMIENTO EN C (23226 C/W33)	kN	Cc	-	Manual SKF	600.0000
LIMITE DE FATIGA	kN	PuC	-	Manual SKF	104.0000
DIAMETRO EXTERIOR	mm	D_{RC}	-	Manual SKF	230.0000
DIAMETRO INTERIOR	mm	d_{RC}	-	Manual SKF	130.0000
DIAMETRO MEDIO	mm	dm_{RC}		$dm_{RA/B}=(D_{RA/B}+d_{RA/B})/2$	180.0000
VISCOSIDAD SEGUN RPM A TEMPERATURA 40°C	mm^2/s	$\upsilon 1$	-	Figura 3.18 (entrando con dm=180 y RPM=84.6)	100.0000
VISCOSIDAD REAL (A TEMPERATURA REAL SEGUN LA VISCOSIDAD NOMINAL DEL ACEITE BASE DE LA GRASA SHELL ALVANIA EP2=185)	mm^2/s	υ	-	Figura 3.19 (entrando con 60°C y ISO 185)	70.0000
RELACION DE VISCOSIDADES	Adimensional	κ	-	$\kappa=\upsilon/\upsilon 1$	0.7000
VIDA UTIL RODAJE EN C SIN APLICACIÓN DE FACTORES (hrs)	Horas	HRC	3.27	$HRC=(Cc/Rc)^{10/3}*1000000/(60*N_1)$	300152.8518
FACTOR nc*PuC/RC nc=0.2 (contaminacion tipica por el entorno agresivo, entran particulas por la lubricación manual y por los sellos)	Adimensional	-	-	Tabla 3.3.	0.3124
FACTOR askf de tabla	Adimensional	a_{skfc}	-	Figura 3.17	0.4000
VIDA UTIL RODAJE EN C APLICANDO FACTOR askf (hrs) con a_{1c}=1 (90% de confiabilidad - Tabla 2.2)	**Horas**	**HRC'**	**3.27**	**$HRC'=a_{1c}*a_{SKFc}*HRC$**	**120061.1407**
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (dias)	**Dias**	**DRC**	**-**	**DRC'=HRC'/15**	**8004.0760**
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (meses)	**Meses**	**MRC**	**-**	**MRC'=DRC'/30**	**266.8025**
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (años)	**Años**	**ARC**	**-**	**ARC'=MRC'/12**	**22.2335**

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FÓRMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
CAPACIDAD DE CARGA DINAMICA DEL RODAMIENTO EN D (23030 CC/W33)	kN	C_D	-	Manual SKF	380.0000
LIMITE DE FATIGA	kN	PuD	-	Manual SKF	100.0000
DIAMETRO EXTERIOR	mm	D_{RC}	-	Manual SKF	225.0000
DIAMETRO INTERIOR	mm	d_{RC}	-	Manual SKF	150.0000
DIAMETRO MEDIO	mm	dm_{RC}		$dm_{RA/B}=(D_{RA/B}+d_{RA/B})/2$	187.5000
VISCOSIDAD SEGUN RPM A TEMPERATURA 40°C	mm^2/s	$\upsilon 1$	-	Figura 3.18 (entrando con dm=187.5 y RPM=84.6)	95.0000
VISCOSIDAD REAL (A TEMPERATURA REAL SEGUN LA VISCOSIDAD NOMINAL DEL ACEITE BASE DE LA GRASA SHELL ALVANIA EP2=185)	mm^2/s	υ	-	Figura 3.19 (entrando con 60°C y ISO 185)	70.0000
RELACION DE VISCOSIDADES	Adimensional	κ	-	$\kappa=\upsilon/\upsilon 1$	0.7368
VIDA UTIL RODAJE CONDUCIDO SIN APLICACIÓN DE FACTORES (hrs)	Horas	HRD	3.27	$HRD=(C_D/R'_D)^{10/3}*1000000/(60*N_1)$	147364.5939
FACTOR nc*PuD/RD nc=0.2 (contaminacion tipica por el entorno agresivo, entran particulas por la lubricación manual y por los sellos)	Adimensional	-	-	Tabla 3.3.	0.3832
FACTOR askf de tabla	Adimensional	-	-	Figura 3.17	0.5000
VIDA UTIL RODAJE EN D APLICANDO FACTOR askf (hrs) con a_{1c}=1 (90% de confiabilidad - Tabla 2.2)	**Horas**	**HRD'**	**3.27**	**$HRD'=a_{1D}*a_{SKFD}*HRD$**	**73682.2970**
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (dias)	**Días**	**DRD**	**-**	**DRD'=HRD'/15**	**4912.1531**
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (meses)	**Meses**	**MRD**	**-**	**MRD'=DRD'/30**	**163.7384**
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (años)	**Años**	**ARD**	**-**	**ARD'=MRD'/12**	**13.6449**

5.1.6. CÁLCULO DE VIDA UTIL DE LAS FAJAS DE LA MOTORIZACION

En la figura 5.7. se ha hecho el diagrama de cuerpo libre de la transmisión con las dimensiones de distancias, ángulos y fuerzas calculados en la tabla 5.6.

FIGURA 5.7.: DCL DE LA TRANSMISION DE MOTORIZACION

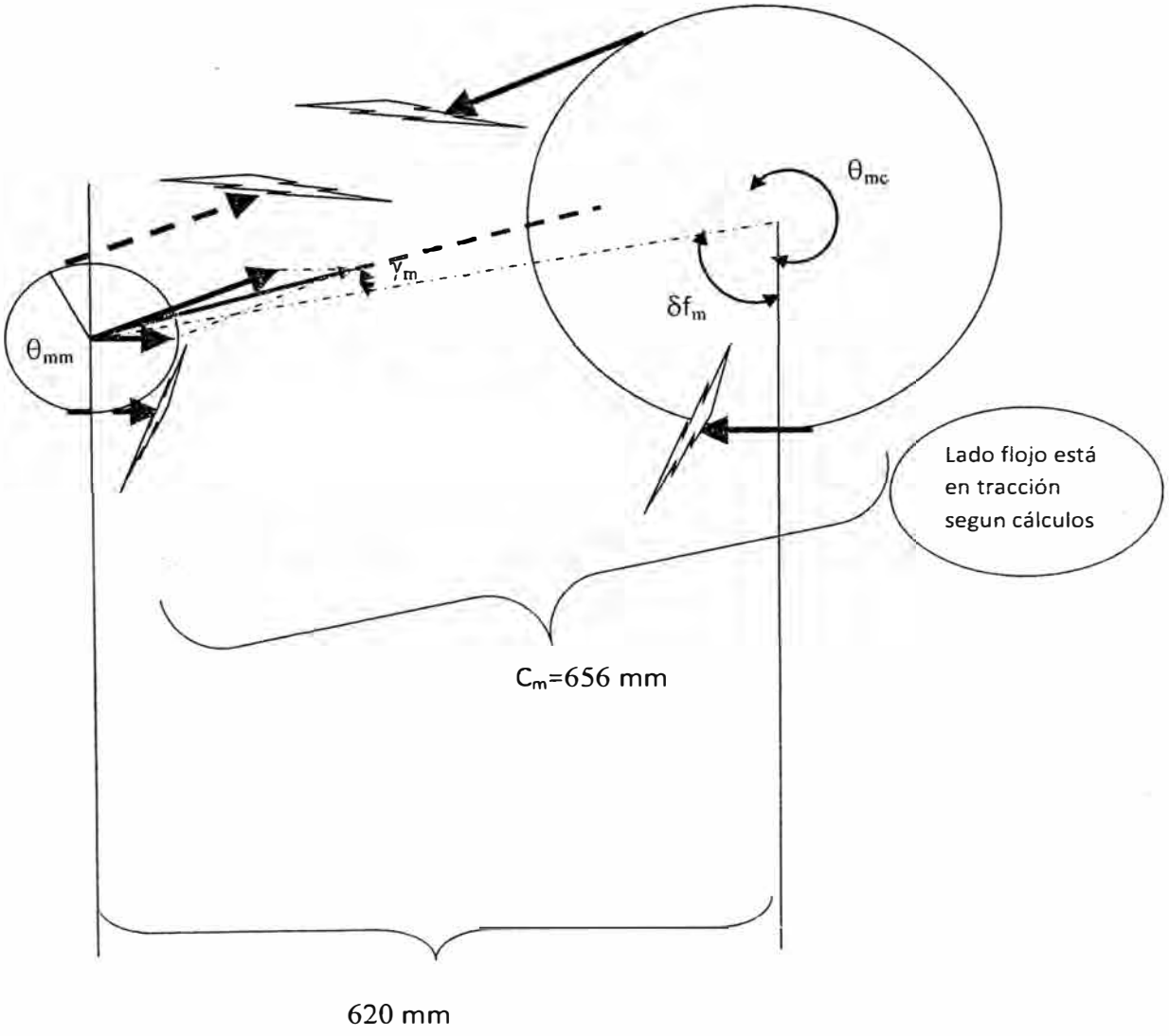


TABLA 5.8. CALCULO DE VIDA UTIL DE LAS FAJAS 5V1000 QUE TRACCIONAN LA SEGUNDA TRANSMISIÓN (METODO GOOD YEAR)

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
EFICIENCIA DE LA TRANSMISION x FAJAS 1	%	η_{f1}	-	Valor que se asume	98.00%
EFICIENCIA DE RODAMIENTOS EJE TRANSMISION 1	%	η_{r1}	-	Valor que se asume	99.00%
EFICIENCIA DE LA TRANSMISION x FAJAS 2	%	η_{f2}	-	Valor que se asume	98.00%
EFICIENCIA DE RODAMIENTOS EJE TRANSMISION 2	%	η_{r2}	-	Valor que se asume	99.00%
EFICIENCIA DE LA TRANSMISION X FAJAS M	%	η_{fm}	-	Valor que se asume	98.00%
FACTOR DE SERVICIO DE TRANSMISION POR FAJAS (MAQUINA MOVIDA: EJE DE TRANSMISION - MAQUINA MOTRIZ: CLASE 2 ACOPLADOR HIDRAULICO)	Adimensional	fs	-	Tabla 1 - Ref. 10	1.3000
POTENCIA DE DISEÑO DE LA TRANSMISION	kW	P_m	-	$P_m = P*fs/hf1*(hr1)^3*hf2*(hr2)^2*hfm$	134.8909
NUMERO DE FAJAS DE LA TRANSMISION	Adimensional	z_m	-	Observación	8.0000
LONGITUD NOMINAL EXTERIOR DE FAJA 5V1000	mm	L_m	-	Manual SKF de correas trapeciales especiales	2540.0000
DENSIDAD LINEAL DE FAJA 5V1000	kg/m	ρ_{lm}	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V	0.2100
AREA DE SECCION DE FAJA 5V1000	mm^2	A_m	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V	160.0000

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
PESO ESPECIFICO APROXIMADO DE LA FAJA 5V1000	N/dm^3	q2	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V	12.5000
MODULO DE ELASTICIDAD LONGITUDINAL DE CORREA 5V1000	Mpa	E_{flexm}	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V	80.0000
DIAMETRO EXTERIOR POLEA MOTRIZ	mm	dm_e	-	Plano 1	199.0000
DIAMETRO EXTERIOR POLEA CONDUCIDA	mm	Dm_e	-	Plano 1	552.0000
DISTANCIA NOMINAL ENTRE CENTROS SIN TEMPLE	mm	c_m	-	c_m=(4*(L_m-(π*(Dm_e+dm_e))/2)+POTENCIA(POTENCIA(-4*(L_m-(π*(Dm_e+dm_e))/2),2)-4*8*POTENCIA(Dm_e-dm_e,2),0.5))/(2*8)	656.4377
DISTANCIA ENTRE EJES VERTICALES QUE PASAN POR LOS CENTROS DEL CILINDRO Y LA POLEA MOTRIZ	mm	c_{hm}	-	Plano 1	620.0000
ÁNGULO ENTRE EL EJE ENTRE CENTROS Y LA VERTICAL	mm	$\delta_{m°}$	-	$\delta_{m°}$=arcsen(c_{hm}/c_m)	70.8201
RELACION DE TRANSMISION	Adimensional	u_m	-	u_m=Dm_e/dm_e	2.7739
VELOCIDAD POLEA CONDUCIDA (RPM)	rpm	Nm_c	-	Manual de usuario	621.0530
VELOCIDAD POLEA MOTRIZ (RPM)	rpm	Nm_m	-	N_{mm}=N_{mc}*u_1	1722.7200
VELOCIDAD REAL FAJA (m/s)	m/s	v_m	-	v_m=π*Nm_c*Dm_e/60000	17.9501
ANGULO DE ABRAZO DE FAJA POLEA CONDUCIDA (°)	° sex	θ_{mc}	-	θ_{mc} =2* arcsen((Dm_e-dm_e)/(2*c_m))+180°	211.1947
ANGULO DE ABRAZO DE FAJA POLEA MOTRIZ (°)	° sex	θ_{mm}	-	θ_{mm}=360-θ_{mc}	148.8053

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
FUERZAS Y VIDA UTIL A CONDICIONES PESIMISTAS DE LA SUPERFICIE DE FRICCION (COEF. DE FRICCION MINIMO Y TENSADO MAXIMO)					
COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DINAMICO	Adimensional	f_m	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V	0.5123
COEFICIENTE DE ANGULO DE CONTACTO	Adimensional	$C_{\theta m}$	-	$C_{\theta m}=1.25*(1-1/e^{fm*\theta mm})$	0.9196
FACTOR DE TENSADO MAXIMO	Adimensional	ft_m	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V para tensado máximo	2.5000
FUERZA LIMITE FATIGA	N	T_{fatm}	-	Tabla 3.4.	1242.0000
TENSION ESTATICA NOMINAL	N	S_{0m}	-	$S_{0m}=((500*(ft_m-C_{\theta m})*P_m/(z_m*v_m*C_\theta))+\rho_{lm}*v_m^2)$	874.8682
FACTOR DE FLEXION NORMAL	Adimensional	Cb	-	Tabla 3.4.	4659.0000
FUERZA POR FLEXION DE CORREA POLEA MOTRIZ	N	T_{flexmm}	3.28	$T_{flexmm}=589*Cb_m/(dm_e)^{1.5}$	977.5262
FUERZA POR FLEXION DE CORREA POLEA CONDUCIDA	N	T_{flexmc}	3.28	$T_{flexmc}=589*Cb_m/(Dm_e)^{1.5}$	211.5921
FUERZA CENTRÍFUGA	N	T_{fcm}	3.28	$T_{fc2}=\rho_{l2}*v_m^2$	67.6631
FUERZA SOBRE POLEA MOTRIZ RAMAL CARGA	N	T_{mm}	3.28	$T_{mm}=S_{0m}+500*P_m/(z_m*v_m)+T_{fcm}+T_{flexmm}$	2389.7313
FUERZA SOBRE POLEA CONDUCIDA RAMAL CARGA	N	T_{cm}	3.28	$T_{cm}=S_{0m}+500*P_m/(z_m*v_m)+T_{fcm}+T_{flexmc}$	1623.7972
EXPONENTE CURVA DE FATIGA	Adimensional	m		Referencia 1	11.1000
FUERZA RAMAL CARGA EN FIBRA NEUTRA	kN	$F1_m$	-	$F1_m=(S_{0m}+500*P_m/(z_m*v_m)+T_{fcm})/1000$	1.4122
FUERZA RAMAL FLOJO EN FIBRA NEUTRA	kN	$F2_m$	-	$F2_m=(S_{0m}-500*P_m/(z_m*v_m)+T_{fcm})/1000$	0.4729
FUERZA TOTAL SOBRE TRANSMISION	kN	FF_m	-	$FF_m=z_m*raiz_cuadrada(F1_m+F2_m+2*F1_m*F2_m*\cos(180-\theta_{mm}))$	14.6650
VIDA UTIL EN HORAS	horas	H_m	3.28.	$H_m=1477*(L_m^{1.25}/v_m)*(T_{fatm}^m/T_{mm}^m+T_{cm}^m)$	1024.5073
VIDA UTIL EN DIAS (CONSIDERANDO USO DE 15 HRS / DIA)	dias	D_m	-	$D_m=H_m/15$	68.3005
VIDA UTIL EN MESES	meses	M_m	-	$M_m=D_m/30$	2.2767
VIDA UTIL EN AÑOS	años	A_m	-	$A_m=M_m/12$	0.1897

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
FUERZAS Y VIDA UTIL A CONDICIONES OPTIMISTAS DE LA SUPERFICIE DE FRICCION (COEF. DE FRICCION MAXIMO Y TENSADO MINIMO)					
COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DINAMICO	Adimensional	f_m	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V	1.4690
COEFICIENTE DE ANGULO DE CONTACTO	Adimensional	$C_{\theta m}$	-	$C_{\theta m}=1.25*(1-1/e^{fm*\theta mm})$	1.2225
FACTOR DE TENSADO MAXIMO	Adimensional	ft_m	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V para tensado máximo	2.0200
FUERZA LIMITE FATIGA	N	T_{fatm}	-	Tabla 3.4.	1242.0000
TENSION ESTATICA NOMINAL	N	S_{0m}	-	$S_{0m}=((500*(ft_m-C_{\theta m})*P_m/(z_m*v_m*C_\theta))+\rho_{lm}*v_m^2)$	374.0820
FACTOR DE FLEXION NORMAL	Adimensional	Cb	-	Tabla 3.4.	4659.0000
FUERZA POR FLEXION DE CORREA POLEA MOTRIZ	N	T_{flexmm}	3.28	$T_{flexmm}=589*Cb_m/(dm_e)^{1.5}$	977.5262
FUERZA POR FLEXION DE CORREA POLEA CONDUCIDA	N	T_{flexmc}	3.28	$T_{flexmc}=589*Cb_m/(Dm_e)^{1.5}$	211.5921
FUERZA CENTRÍFUGA	N	T_{fcm}	3.28	$T_{fc2}=\rho_{l2}*v_m^2$	67.6631
FUERZA SOBRE POLEA MOTRIZ RAMAL CARGA	N	T_{mm}	3.28	$T_{mm}=S_{0m}+500*P_m/(z_m*v_m)+T_{fcm}+T_{flexmm}$	1888.9451
FUERZA SOBRE POLEA CONDUCIDA RAMAL CARGA	N	T_{cm}	3.28	$T_{cm}=S_{0m}+500*P_m/(z_m*v_m)+T_{fcm}+T_{flexmc}$	1123.0110
EXPONENTE CURVA DE FATIGA	Adimensional	m		Referencia 1	11.1000
FUERZA RAMAL CARGA EN FIBRA NEUTRA	kN	$F1_m$	-	$F1_m=(S_{0m}+500*P_m/(z_m*v_m)+T_{fcm})/1000$	0.9114
FUERZA RAMAL FLOJO EN FIBRA NEUTRA	kN	$F2_m$	-	$F2_m=(S_{0m}-500*P_m/(z_m*v_m)+T_{fcm})/1000$	-0.0279
FUERZA TOTAL SOBRE TRANSMISION	kN	FF_m	-	$FF_m=z_m*raiz_cuadrada(F1_m+F2_m+2*F1_m*F2_m*\cos(180-\theta_{mm}))$	7.1012
VIDA UTIL EN HORAS	horas	H_m	3.28.	$H_m=1477*(L_m^{1.25}/v_m)*(T_{fatm}^m/T_{mm}^m+T_{cm}^m)$	14083.8454
VIDA UTIL EN DIAS (CONSIDERANDO USO DE 15 HRS / DIA)	dias	D_m	-	$D_m=H_m/15$	938.9230
VIDA UTIL EN MESES	meses	M_m	-	$M_m=D_m/30$	31.2974
VIDA UTIL EN AÑOS	años	A_m	-	$A_m=M_m/12$	2.6081

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
VIDA UTIL A TENSION ESTATICA MAXIMA SEGÚN MANUAL DE USUARIO					
TENSION ESTATICA MAXIMA SEGÚN MANUAL DE USUARIO	N	S_{02}	-	Manual de usuario	615.6667
FACTOR DE FLEXION NORMAL	Adimensional	Cb_2	-	Tabla 3.4.	4659.0000
FUERZA POR FLEXION DE CORREA POLEA MOTRIZ	N	T_{flexmm}	3.28.	$T_{flex2m}=589*Cb_2/(d2_e)^{1.5}$	977.5262
FUERZA POR FLEXION DE CORREA POLEA CONDUCIDA	N	T_{flexmc}	3.28.	$T_{flex2m}=589*Cb_2/(D2_e)^{1.5}$	211.5921
FUERZA CENTRIFUGA	N	T_{fcm}	3.28.	$T_{fc2}=\rho_{l2}*v_2^2$	12.8373
FUERZA SOBRE POLEA MOTRIZ RAMAL CARGA	N	T_{mm}	3.28.	$T_{m2}=S_{02}+500*P_2/(z_2*v_2)+T_{fc2}+T_{flex2m}$	2318.3993
FUERZA SOBRE POLEA CONDUCIDA RAMAL CARGA	N	T_{cm}	3.28.	$T_{c2}=S_{02}+500*P_2/(z_2*v_2)+T_{fc2}+T_{flex2c}$	1364.5957
EXPONENTE CURVA DE FATIGA	Adimensional	m_m	3.28.	Referencia 1	11.1000
FUERZA RAMAL CARGA EN FIBRA NEUTRA	kN	$F1_{mfab}$	-	$F1_{mfab}=(S_{02}+500*P2/(z2*v2)+T_{fc2})/1000$	1.0982
FUERZA RAMAL FLOJO EN FIBRA NEUTRA	kN	$F2_{mfab}$	-	$F2_{mfab}=(S_{02}-500*P2/(z2*v2)+T_{fc2})/1000$	0.1588
FUERZA TOTAL SOBRE TRANSMISION	kN	FF_{mfab}	-	$FF_{mfab}=z*raiz_cuadrada(F1_{mfab}+F2_{mfab}+2*F1_{mfab}*F2_{mfab}*\cos(180-\theta_m))$	9.8943
ANGULO DE LA FUERZA TOTAL RESPECTO AL EJE ENTRE CENTROS	° sex	$\gamma_M°$	-	$\gamma_M°=\arctan(F1_{1fab}*sen(180-\theta_m)/(F2_{mfab}-F1_{mfab}*\cos(180-\theta_m)))-(180-\theta_m)/2$	11.7835
FUERZA HORIZONTAL DE FAJA SOBRE TRANSMISION	**kN**	FF_{mfabh}	-	$FF_{mfabh}=FF_{mfab}*sen(\delta_M-\gamma_M)$	**8.4843**
FUERZA VERTICAL DE FAJA SOBRE TRANSMISION	**kN**	FF_{mfabv}	-	$FF_{mfabv}=FF_{mfabh}*\cos(\delta_M-\gamma_M)$	**5.0905**
VIDA UTIL EN HORAS	**horas**	H_2	**3.28**	$H_2=1477*(L_m^{1.25}/v_2)*(T_{fat2}^{m2}/T_{m2}^{m}+T_{c2}^{m})$	**1449.8011**
VIDA UTIL EN DIAS (CONSIDERANDO USO DE 15 HRS / DIA)	**dias**	D_2	-	$D_2=H_2/15$	**96.6534**
VIDA UTIL EN MESES	**meses**	M_2	-	$M_2=D_2/30$	**3.2218**
VIDA UTIL EN AÑOS	**años**	A_2	-	$A_2=M_2/12$	**0.2685**

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
VERIFICACION DE DISEÑO DEL FABRICANTE					
CAPACIDAD DE POTENCIA POR FAJA PARA 5V1000	kW	kW_{fajam}	-	Libro de Gonzales Rey sobre correas en V	13.4021
CAPACIDAD ADICIONAL	kW	kW_{adm}	-	Tabla 18 - Pág. 77 - Ref.10	1.3925
CAPACIDAD NETA DE POTENCIA POR FAJA	kW	$P_{net/fajam}$	-	$P_{net/fajam}=(kW_{fajam}+kW_{adm})$	14.7947
FACTOR DE LONGITUD DE FAJA PARA 5V1000	Adimensional	C_{Lm}	-	Tabla 19 - Pág. 78 - Ref.10	1.0900
CANTIDAD TEORICA DE FAJAS A CONDICIONES PESIMISTAS	Adimensional	z_{tm}	-	$z_{tm}=P_m/(P_{mnet/faja}*C_{\theta 2}*C_{L2})$pesimista	9.0963
CANTIDAD TEORICA DE FAJAS A CONDICIONES OPTIMISTAS	Adimensional	z_{tm}		$z_{tm}=P_m/(Pm_{net/faja}*C_0*C_L)$optimista	6.8425

5.1.7. CÁLCULO DE VIDA ÚTIL DE LOS RODAMIENTOS DE LA SEGUNDA TRANSMISIÓN

En este caso el eje es escalonado y hueco (forma tubular) y en una de sus secciones se ha tallado los canales de polea (por ello se le llama eje-polea). Se procedió a dividirlo en secciones y se calculó el volumen de cada sección según fórmulas geométricas para cilindros (restándole el volumen del orificio) y se multiplicó por la densidad del acero SAE 1045 (que es el material consultado al fabricante) obviándose el peso de separadores y sellos. Para la zona de polea se calculo tuvo que calcular el volumen de los canales (aprovechando los datos de la sección se aplicó el teorema de Pappus Guldium). La figura 5.8. muestra el DCL del eje de transmisión cuyas dimensiones se basaron en el plano 2 adjunto tomado tras una actividad de mantenimiento. La tabla 5.9. muestra los cálculos.

FIGURA 5.8.: DCL DEL EJE DE LA SEGUNDA TRANSMISION

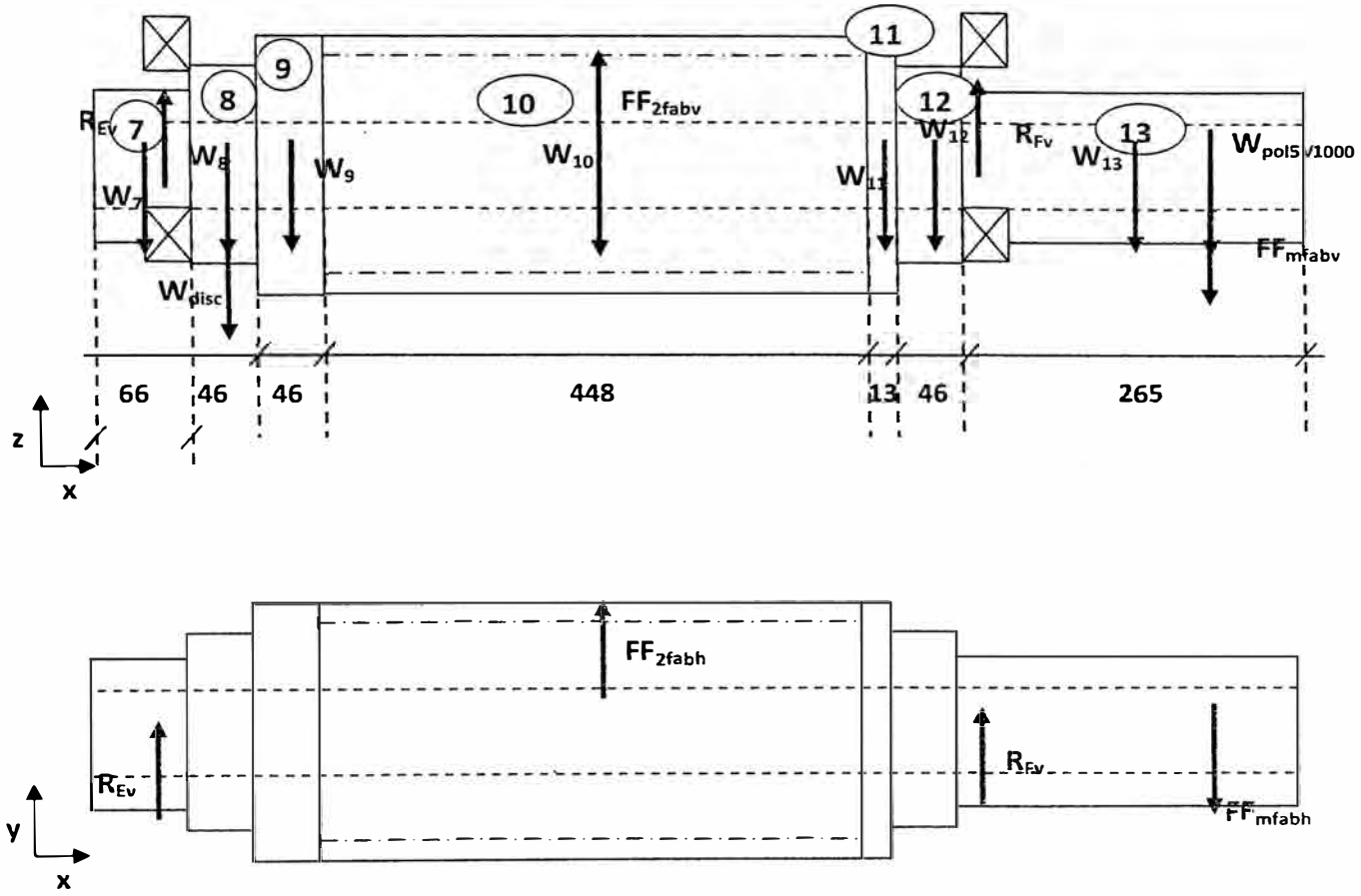


TABLA 5.9.: CALCULO DE VIDA UTIL DE LOS RODAMIENTOS

DE LA SEGUNDA TRANSMISION

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
COMPONENTE VERTICAL DE CARGA FAJAS 5V2120	kN	FF_{2fabv}	-	Del cálculo de fajas 5V2120	17.0477
COMPONENTE HORIZONTAL DE CARGA FAJAS 5V2120	kN	FF_{2fabh}	-	Del cálculo de fajas 5V2120	23.9348
VELOCIDAD DE LAS FAJAS 5V2120	m/s	v_2	-	Del cálculo de fajas E	6.1785
COMPONENTE VERTICAL DE CARGA FAJAS 5V1000	kN	FF_{mfabv}	-	Del cálculo de fajas 5V1000	5.0905
COMPONENTE HORIZONTAL DE CARGA FAJAS 5V1000	kN	FF_{mfabh}	-	Del cálculo de fajas 5V1000	8.4843
VELOCIDAD DE LAS FAJAS MOTORIZACION	m/s	v_m	-	Del cálculo de fajas 5V1000	17.9501
PESO ESPECIFICO DEL ACERO 1045	kN/mm3	γ_{1045}	-	Datos de internet	7.72047E-08
VOLUMEN DE CANALES DE POLEAS	mm3	V_{cp}		Aplicación teorema de pappus:	2122105.881
DIAMETRO AGUJERO	mm	D_a	-	Plano 2	110
DIAMETRO SECCION 7 EJE	mm	D_{s7}	-	Plano 2	150
DIAMETRO SECCION 8 EJE	mm	D_{s8}	-	Plano 2	160
DIAMETRO SECCION 9 EJE	mm	D_{s9}	-	Plano 2	190
DIAMETRO SECCION 10 EJE	mm	D_{s10}	-	Plano 2	190
DIAMETRO SECCION 11 EJE	mm	D_{s11}	-	Plano 2	190
DIAMETRO SECCION 12 EJE	mm	D_{s12}	-	Plano 2	163
DIAMETRO SECCION 13 EJE	mm	D_{s13}	-	Plano 2	150

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
LONGITUD SECCION 7 EJE	mm	L_{s7}	-	Plano 2	66
LONGITUD SECCION 8 EJE	mm	L_{s8}	-	Plano 2	46
LONGITUD SECCION 9 EJE	mm	L_{s9}	-	Plano 2	46
LONGITUD SECCION 10 EJE	mm	L_{s10}	-	Plano 2	448
LONGITUD SECCION 11 EJE	mm	L_{s11}	-	Plano 2	13
LONGITUD SECCION 12 EJE	mm	L_{s12}	-	Plano 2	26
LONGITUD SECCION 13 EJE	mm	L_{s13}	-	Plano 2	265
ANCHO ASIENTOS RODAMIENTOS	mm	As	-	Manual SKF	45
PESO SECCION 7 DEL EJE	kN	W_7	-	$W_7=\gamma_{1045}*\pi*(D_{s7}^2-D_a^2)*L_{s7}/4$	0.0416
PESO SECCION 8 DEL EJE	kN	W_8	-	$W_8=\gamma_{1045}*\pi*(D_{s8}^2-D_a^2)*L_{s8}/4$	0.0377
PESO SECCION 9 DEL EJE	kN	W_9	-	$W_9=\gamma_{1045}*\pi*(D_{s9}^2-D_a^2)*L_{s9}/4$	0.0669
PESO SECCION 10 DEL EJE	kN	W_{10}	-	$W_{10}=\gamma_{1045}*(\pi*(D_{s10}^{2*}-D_a^2)*L_{s10}/4-V_{cp})$	0.4881
PESO SECCION 11 DEL EJE	kN	W_{11}	-	$W_{11}=\gamma_{1045}*\pi*(D_{s11}^2-D_a^2)*L_{s11}/4$	0.0189
PESO SECCION 12 DEL EJE	kN	W_{12}	-	$W_{12}=\gamma_{1045}*\pi*(D_{s12}^2-D_a^2)*L_{s12}/4$	0.0228
PESO SECCION 13 DEL EJE	kN	W_{13}	-	$W_{13}=\gamma_{1045}*\pi*(D_{s13}^2-D_a^2)L_{s13}/4$	0.1671
PESO DE POLEA VOLANTE PEQUEÑA	kN	W_{polmc}	-	Medición en balanza	1.0000
PESO DE DISCO DE FRENO	kN	W_{disc}	-	Medición en balanza	0.1500

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
REACCION VERTICAL EN E	kN	R_{Ev}	-	Aplicando $\sum MF=0$ en la figura 5.8: $R_{EV}*(As+L_{s8}+L_{s9}+L_{s10}+L_{s11}+L_{s12})=(W_7)*(L_{s7}/2+L_{s8}+L_{s9}+L_{s10}+L_{s11}+L_{s12}+As/2)+(W_{8+}W_{disc})*(L_{s8}/2+L_{s9}+L_{s10}+L_{s11}+L_{s12}+As/2)+W_9*(L_{s9}/2+L_{s10}+L_{s11}+L_{s12}+As/2)+(W_{10}-FF_{2fabv})*(L_{s10}/2+L_{s11}+L_{s12}+As/2)+W_{11}*(L_{s11}/2+L_{s12}+As/2)+W_{12}*(L_{s12}/2+As/2)-W_{13}*(L_{s13}/2-As/2)-(W_{pol5v1000+}FF_{mfabv})*(3/4)*(L_{s13})$	-9.4163
REACCION VERTICAL EN F	kN	R_{Fv}	-	Aplicando $\sum Fz=0$ en la figura 5.8: $R_{FV}=W_{pol5v1000}+W_{disc}+W_7+W_8+W_9+W_{10}+W_{11}+W_{12}+W_{13}-R_{EV}+FF_{mfab}-FF_{2fabv}$	-0.5477
REACCION HORIZONTAL EN E	kN	R_{Eh}	-	Aplicando $\sum MF=0$ en la figura 5.8: $R_{EH}*(A_s+L_{s8}+L_{s9}+L_{s10}+L_{s11}+L_{s12})=-(FF_{2fabh})*(L_{s10}/2+L_{s11}+L_{s12}+A_s/2)-(FF_{mfabh})*(3/4)*(L_{s13})$	-12.7902
REACCION HORIZONTAL EN F	kN	R_{Fh}	-	Aplicando $\sum Fy=0$ en la figura 5.8: $R_{Fh}=-R_{EH}+FF_{mfabh}-FF_{2fabh}$	-2.6603
REACCION EN E	kN	R_E	-	Ley del paralelogramo	15.8826
REACCION EN F	kN	R_F	-	Ley del paralelogramo	2.7160

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
CAPACIDAD DE CARGA DINAMICA DE RODAMIENTO NU230EC	kN	$C_{E/F}$		Manual de usuario - Manual SKF	510.0000
LIMITE DE FATIGA	kN	$Pu_{E/F}$	-	Manual SKF	64.0000
DIAMETRO EXTERIOR	mm	$D_{RE/F}$	-	Manual SKF	270.0000
DIAMETRO INTERIOR	mm	$d_{RE/F}$	-	Manual SKF	150.0000
DIAMETRO MEDIO	mm	$dm_{RE/F}$		$dm_{RA/B}=(D_{RA/B}+d_{RA/B})/2$	210.0000
VISCOSIDAD SEGUN RPM A TEMPERATURA 40°C	mm^2/s	$\upsilon 1$	-	Figura 3.18 (entrando con dm=210 y RPM=621)	12.0000
VISCOSIDAD REAL (A TEMPERATURA REAL SEGUN LA VISCOSIDAD NOMINAL DEL ACEITE BASE DE LA GRASA SHELL ALVANIA EP2=185)	mm^2/s	υ	-	Figura 3.19 (entrando con 60°C y ISO 185)	70.0000
RELACION DE VISCOSIDADES	Adimensional	κ	-	$\kappa=\upsilon/\upsilon 1$	5.8333
VIDA UTIL RODAJE E SIN APLICACIÓN DE FACTORES (hrs)	Horas	HRE	3.27	$HRD=(C_{E/F}/R_E)^{10/3}*1000000/(60*N_2)$	2824124.1620
FACTOR nc*Pu/P nc=0.2 (contaminacion ligera por el entorno agresivo)	Adimensional	-	-	Tabla 3.3.	0.8059
FACTOR askf de tabla	Adimensional	a_{skfE}	-	Figura 3.17	10.0000
VIDA UTIL RODAJE MOTRIZ APLICANDO FACTOR askf (hrs)	**Horas**	**HRE'**	**3.27**	**$HRE'=a_{1D}*a_{SKFE}*HRE$**	28241241.6195
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (dias)	**Días**	**DRE**	**-**	**DRD'=HRD'/15**	1882749.4413
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (meses)	**Meses**	**MRE**	**-**	**MRD'=DRD'/30**	62758.3147
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (años)	**Años**	**ARE**	**-**	**ARD'=MRD'/12**	5229.8596
VIDA UTIL RODAJE F SIN APLICACIÓN DE FACTORES (hrs)	Horas	HRF'	3.27	$HRF=(C_{E/F}/R_F)^{10/3}*1000000/(60*N_2)$	1017408550.3676
FACTOR nc*Pu/P nc=0.2 (contaminacion ligera por el entorno agresivo)	Adimensional	-	-	Tabla 3.3.	4.7127
FACTOR askf de tabla	Adimensional	a_{skfE}	-	Figura 3.17	INFINITO
VIDA UTIL RODAJE MOTRIZ APLICANDO FACTOR askf (hrs)	**Horas**	**HRF'**	**3.27**	**$HRF'=a_{1D}*a_{SKFF}*HRF$**	INFINITO
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (dias)	**Días**	**DRF**	**-**	**DRF'=HRF'/15**	INFINITO
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (meses)	**Meses**	**MRF**	**-**	**MRF'=DRF'/30**	INFINITO
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (años)	**Años**	**ARF**	**-**	**ARF'=MRF'/12**	INFINITO

5.1.8. CÁLCULO DE VIDA ÚTIL DE LOS RODAMIENTOS DEL MOTOR PRINCIPAL

Se asumió el acoplador hidráulico como una polea puesta en el eje del motor con un centro de gravedad coincidente con la unión de las tapas externas de este elemento. Se estimó el peso del rotor y las distancias conforme al modelo de acoplador hidráulico y motor. La figura 5.9. muestra el DCL del eje-rotor del motor hermanado al acoplador hidráulico, cuyas dimensiones se basaron en los catálogos del motor y del acoplador hidráulico y en mediciones tomadas tras una actividad de mantenimiento. La tabla 5.10. muestra los cálculos.

FIGURA 5.9.: DCL DEL EJE-ROTOR MOTOR HERMANADO CON EL ACOPLADOR HIDRAULICO

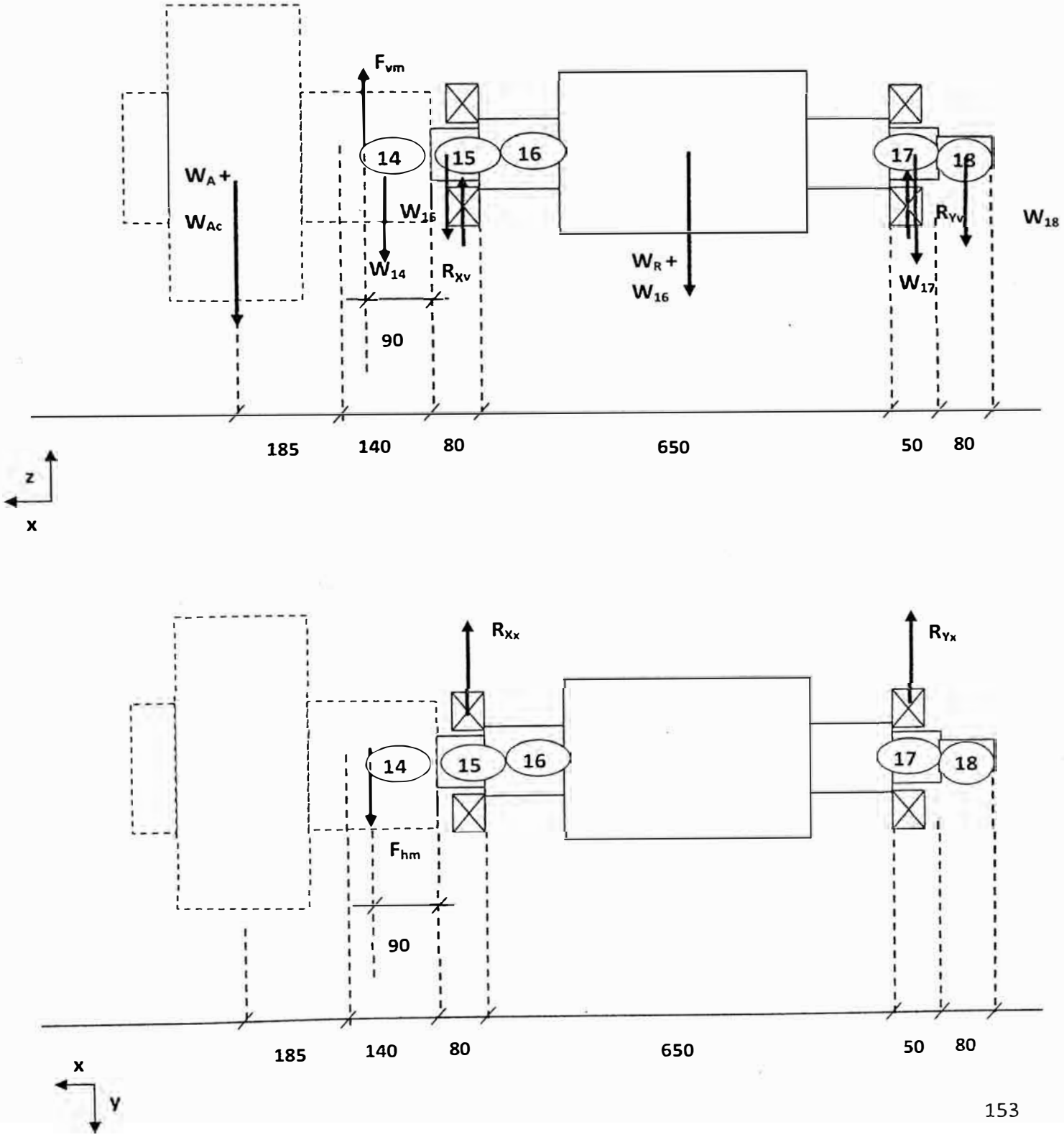


TABLA 5.10.: CALCULO DE VIDA UTIL DE LOS RODAMIENTOS

DEL MOTOR PRINCIPAL

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
VELOCIDAD DE LAS FAJAS 5V2120	m/s	v_2	-	Del cálculo de fajas 5V2120	6.1785
VELOCIDAD DEL MOTOR (RPM)	rpm	Nmotor	-	Catálogo del motor	1776.0000
COMPONENTE VERTICAL DE CARGA FAJAS 5V1000	kN	FF_{mfabv}	-	Del cálculo de fajas 5V1000	5.0905
COMPONENTE HORIZONTAL DE CARGA FAJAS 5V1000	kN	FF_{mfabh}	-	Del cálculo de fajas 5V1000	8.4843
VELOCIDAD DE LAS FAJAS MOTORIZACION	m/s	v_m	-	Del cálculo de fajas 5V1000	17.9501
PESO ESPECIFICO DEL ACERO 1045	kN/mm3	γ_{1045}	-	Datos de internet	7.72047E-08
PESO ESPECIFICO DEL ALUMINIO	kN/mm3	γ_{al}	-	Datos de internet	2.70E-08
PESO ESPECIFICO DEL AISLANTE	kN/mm3	γ_{ais}	-	Datos de internet	1.20E-08
PESO ESPECIFICO DEL ROTOR	kN/mm3	γ_{ROT}		Estimación considerando promedio ponderado del peso especifico del aluminio (40%), del hierro silicoso (55%) y del barniz aislante (5%)	5.39E-08
DIAMETRO SECCION 14 EJE	mm	D_{s14}	-	Medición	75
DIAMETRO SECCION 15 EJE	mm	D_{s15}	-	Medición	80
DIAMETRO SECCION 16 EJE	mm	D_{s16}	-	Medición	85
DIAMETRO SECCION 17 EJE	mm	D_{s17}	-	Medición	80
DIAMETRO SECCION 18 EJE	mm	D_{s18}	-	Medición	75
LONGITUD SECCION 14 EJE	mm	L_{s14}	-	Medición	140
LONGITUD SECCION 15 EJE	mm	L_{s15}	-	Medición	80
LONGITUD SECCION 16 EJE	mm	L_{s16}	-	Medición	650
LONGITUD SECCION 17 EJE	mm	L_{s17}	-	Medición	50
LONGITUD SECCION 18 EJE	mm	L_{s18}	-	Medición	80
ANCHO ASIENTOS RODAMIENTOS	mm	As	-	Manual SKF	39

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
PESO SECCION 14 DEL EJE	kN	W_{14}	-	$W_{14}=\gamma_{1045}*\pi*D_{s14}^2*L_{s14}/4$	0.0478
PESO SECCION 15 DEL EJE	kN	W_{15}	-	$W_{15}=\gamma_{1045}*\pi*D_{s15}^2*L_{s15}/4$	0.0310
PESO SECCION 16 DEL EJE	kN	W_{16}	-	$W_{16}=\gamma_{1045}*\pi*D_{s16}^2*L_{s16}/4$	0.2848
PESO SECCION 17 DEL EJE	kN	W_{17}	-	$W_{17}=\gamma_{1045}*\pi*D_{s17}^2*L_{s17}/4$	0.0194
PESO SECCION 18 DEL EJE	kN	W_{16}	-	$W_{16}=\gamma_{1045}*\pi*D_{s18}^2*L_{s18}/4$	0.0273
PESO DE ACOPLADOR HIDRAULICO (SIN ACEITE)	kN	W_A	-	Medición en balanza	0.7840
PESO DEL ACEITE EN ACOPLADOR HIDRAULICO (5 GAL TELLUS 37)	kN	W_{ac}	-	Conversión de unidades	0.0980
DIAMETRO DEL ROTOR	mm	D_R	-	Medición	320.0000
LONGITUD EQUIVALENTE DEL ROTOR	mm	L_R	-	Medición	350.0000
PESO ESTIMADO DEL ROTOR	kN	W_R	-	$W_R=\gamma_R*\pi*(D_R^2-D_{S16}^2)*L_R/4$	1.4092
DISTANCIA DEL CENTRO DE GRAVEDAD DEL ACOPLADOR HIDRAULICO AL EXTREMO DEL EJE DEL MOTOR	mm	g	-	Estimación	185.0000
DISTANCIA DEL PUNTO DE ACCIONAMIENTO DE LA FUERZA DE LAS FAJAS 5V A LA SECCION 15	mm	a	-	Estimación	90.0000
REACCION VERTICAL EN X	kN	R_{xv}	-	Aplicando $\sum MY=0$ en la figura 5.9: $RX_V*(As+L_{s16})=(W_A+W_{ac})*(g+L_{s14}+L_{s15}+L_{s16}+As/2)+(W_{R+}W_{16})*(L_{s16}/2+As/2)+W_{14}*(L_{s14}/2+L_{s15}+L_{s16}+As/2)+W_{15}*(L_{s15}/2+L_{s16}+As/2)-FF_{mfabv}*(a+L_{s15}+L_{s16}+As/2)-(W_{17})*(L_{s17}/2-As/2)-(W_{18})*(L_{s18}/2+L_{s17}-As/2)$	-3.8941
REACCION VERTICAL EN Y	kN	R_{yv}	-	Aplicando $\sum Fy=0$ en la figura 5.9: $R_{YV}=W_A+W_{ac}+W_{14}+W_{15}+W_R+W_{16}+W_{17}+W_{16}-R_{XV}-FF_{mfabv}$	1.5051

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
REACCION HORIZONTAL EN X	kN	R_{Xh}	-	Aplicando $\sum MY=0$ en la figura 5.9: $R_{XH}*(A_s+L_{s16})=(FF_{mfabh})*(a+L_{s15}+L_{s16}+A_s/2)$	10.3375
REACCION HORIZONTAL EN Y	kN	R_{Yh}	-	Aplicando $\sum Fx=0$ en la figura 5.9: $R_{Yh}=-R_{XH}+FF_{mfabh}$	-1.8532
REACCION EN X	kN	R_X	-	Ley del paralelogramo	11.0467
REACCION EN Y	kN	R_Y	-	Ley del paralelogramo	2.3874
CAPACIDAD DE CARGA DINAMICA DE RODAMIENTO 6316 C3	kN	$C_{X/Y}$	-	Manual de usuario - Manual SKF	130.0000
LIMITE DE FATIGA	kN	$Pu_{E/F}$	-	Manual SKF	3.2500
DIAMETRO EXTERIOR	mm	$D_{RE/F}$	-	Manual SKF	170.0000
DIAMETRO INTERIOR	mm	$d_{RE/F}$	-	Manual SKF	80.0000
DIAMETRO MEDIO	mm	$dm_{RE/F}$		$dm_{RA/B}=(D_{RA/B}+d_{RA/B})/2$	125.0000
VISCOSIDAD SEGUN RPM A TEMPERATURA 40°C	mm^2/s	$\upsilon 1$	-	Figura 3.18 (entrando con dm=125 y RPM=1776)	8.0000
VISCOSIDAD REAL (A TEMPERATURA REAL SEGUN LA VISCOSIDAD NOMINAL DEL ACEITE BASE DE LA GRASA SKF LGHP2=96)	mm^2/s	υ	-	Figura 3.19 (entrando con 70°C y ISO 96)	25.0000
RELACION DE VISCOSIDADES	Adimensional	κ	-	$\kappa=\upsilon/\upsilon 1$	3.1250
VIDA UTIL RODAJE X SIN APLICACIÓN DE FACTORES (hrs)	Horas	HRX	3.27	$HRX=(C_{X/Y}/R_X)^{3}*1000000/(60*N_{MOTOR})$	15294.7105
FACTOR nc*Pu/P nc=0.2 (contaminacion típica, tiene obturaciones pero mucho riesgo de picadura por fuga a tierra por ser motor)	Adimensional	-	-	Tabla 3.3.	0.0588
FACTOR askf de tabla	Adimensional	a_{skfE}	-	Figura 3.17	2.5000
VIDA UTIL RODAJE LADO EJE APLICANDO FACTOR askf (hrs)	**Horas**	**HRX'**	**3.27**	**$HRX'=a_{1x}*a_{SKFX}*HRX$**	38236.7763
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (dias)	**Días**	**DRX**	**-**	**DRX'=HRX'/15**	2549.1184
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (meses)	**Meses**	**MRX**	**-**	**MRX'=DRX'/30**	84.9706
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (años)	**Años**	**ARX**	**-**	**ARX'=MRX'/12**	7.0809

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
VIDA UTIL RODAJE Y SIN APLICACIÓN DE FACTORES (hrs)	Horas	HRY'	3.27	$HRY=(C_{X/Y}/R_Y)^{3}*1000000/(60*N_{MOTOR})$	1515115.6896
FACTOR nc*Pu/P nc=0.2 (contaminacion típica, tiene obturaciones pero mucho riesgo de picadura por fuga a tierra por ser motor)	Adimensional	-	-	Tabla 3.3.	0.2723
FACTOR askf de tabla	Adimensional	a_{skfE}	-	Figura 3.17	30.0000
VIDA UTIL RODAJE LADO VENTILADOR APLICANDO FACTOR askf (hrs)	**Horas**	**HRY'**	**3.27**	**$HRY'=a_{1Y}*a_{SKFY}*HRY$**	45453470.6877
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (dias)	**Días**	**DRY**	**-**	**DRY'=HRY'/15**	3030231.3792
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (meses)	**Meses**	**MRY**	**-**	**MRY'=DRY'/30**	101007.7126
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (años)	**Años**	**ARY**	**-**	**ARY'=MRY'/12**	8417.3094

5.1.9. CÁLCULO DE VIDA ÚTIL DE LOS RODAMIENTOS DEL ACOPLADOR HIDRAULICO

Para hallar las cargas sobre los rodamientos del acoplador hidráulico, se ha tenido que volver a realizar el DCL del eje-rotor del motor hermanado con el acoplador hidráulico pero excluyendo las partes de dicho acoplador que se apoyan en los mencionados rodamientos (figura 5.10), lo cual implica por la ley de acción y reacción establecer reacciones en los apoyos del acoplador M y N. Las reacciones en los apoyos del motor calculadas en el acápite anterior, no van a variar porque se entiende que es un mismo sistema, nada más que esta vez se están excluyendo algunas partes y reemplazando su efecto por las reacciones en M y N. La tabla 5.11. muestra los cálculos.

FIGURA 5.10.: DCL DEL EJE-ROTOR MOTOR HERMANADO CON EL ACOPLADOR HIDRAULICO EXCLUYENDO PARTES QUE SE APOYAN EN LOS RODAMIENTOS M Y N DEL ACOPLADOR

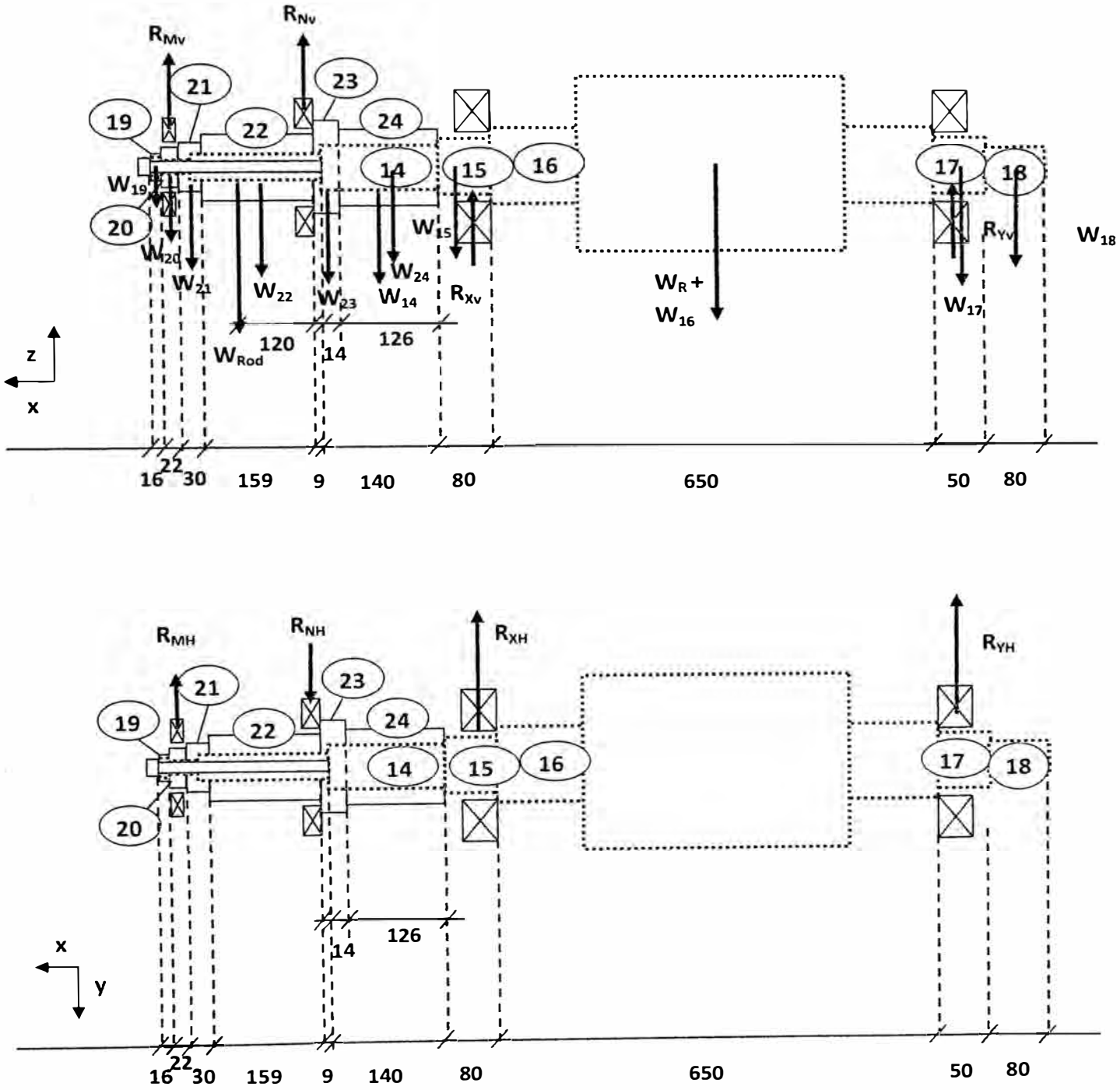


TABLA 5.11.: CALCULO DE VIDA UTIL DE LOS RODAMIENTOS

DEL ACOPLADOR HIDRAULICO

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
DESLIZAMIENTO (SLIP)	Adimensional	s	-	Catálogo acopladores hidráulicos TRANSFLUID (para tamaño 17)	3.00%
RELACION DE TRANSMISION MOTOR&ACOPLADOR	Adimensional	u_{mac}	-	u_{mac}=100%/(100%-s)	1.0309
COMPONENTE VERTICAL DE CARGA FAJAS 5V1000	kN	FF_{mfabv}	-	Del cálculo de fajas 5V1000	5.0905
COMPONENTE HORIZONTAL DE CARGA FAJAS 5V1000	kN	FF_{mfabh}	-	Del cálculo de fajas 5V1000	8.4843
VELOCIDAD RELATIVA ENTRE PISTAS DE RODAMIENTO	RPM	N_{rel}	-	Nrel = N_{motor} - N_{mm}	53.2800
PESO ESPECIFICO DEL ACERO 1045	kN/mm3	γ_{1045}	-	Datos de internet	7.72047E-08
REACCION VERTICAL RXV	kN	R_{xv}		Del cálculo de vida util de rodamientos del motor	-3.8941
REACCION VERTICAL RYV	kN	R_{yv}		Del cálculo de vida util de rodamientos del motor	1.5051
REACCION HORIZONTAL RXH	kN	R_{xh}		Del cálculo de vida util de rodamientos del motor	10.3375
REACCION HORIZONTAL RYH	kN	R_{yh}		Del cálculo de vida util de rodamientos del motor	-1.8532
PESO DEL ROTOR	kN	W_R	-	Del cálculo de vida util de rodamientos del motor	1.4092
PESO SECCION 14 DEL EJE	kN	W_{14}	-	Del cálculo de vida util de rodamientos del motor	0.0478
PESO SECCION 15 DEL EJE	kN	W_{15}	-	Del cálculo de vida util de rodamientos del motor	0.0310
PESO SECCION 16 DEL EJE	kN	W_{16}	-	Del cálculo de vida util de rodamientos del motor	0.2848
PESO SECCION 17 DEL EJE	kN	W_{17}	-	Del cálculo de vida util de rodamientos del motor	0.0194
PESO SECCION 18 DEL EJE	kN	W_{18}	-	Del cálculo de vida util de rodamientos del motor	0.0273
LONGITUD SECCION 14 EJE	mm	L_{s14}	-	Del cálculo de vida util de rodamientos del motor	140
LONGITUD SECCION 15 EJE	mm	L_{s15}	-	Del cálculo de vida util de rodamientos del motor	80
LONGITUD SECCION 16 EJE	mm	L_{s16}	-	Del cálculo de vida util de rodamientos del motor	650
LONGITUD SECCION 17 EJE	mm	L_{s17}	-	Del cálculo de vida util de rodamientos del motor	50
LONGITUD SECCION 18 EJE	mm	L_{s18}	-	Del cálculo de vida util de rodamientos del motor	80
ANCHO ASIENTOS RODAMIENTOS MOTOR	mm	As	-	Del cálculo de vida util de rodamientos del motor	39

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
DIAMETRO SECCION 19 EJE	mm	D_{s19}	-	Medición	54
DIAMETRO SECCION 20 EJE	mm	D_{s20}	-	Medición	60
DIAMETRO SECCION 21 EJE	mm	D_{s21}	-	Medición	71
DIAMETRO SECCION 22 EJE	mm	D_{s22}	-	Medición	120
DIAMETRO SECCION 23 EJE	mm	D_{s23}	-	Medición	130
DIAMETRO SECCION 24 EJE	mm	D_{s24}	-	Medición	126
DIAM. AGUJERO SECCION 19	mm	A_{s19}	-	Medición	54
DIAM. AGUJERO SECCION 20	mm	A_{s20}	-	Medición	24
DIAM. AGUJERO SECCION 21A	mm	A_{s21A}	-	Medición	24
DIAM. AGUJERO SECCION 21B	mm	A_{s22B}	-	Medición	50
DIAM. AGUJERO SECCION 22	mm	A_{s22}	-	Medición	50
DIAM. AGUJERO SECCION 23A	mm	A_{s23}	-	Medición	50
DIAM. AGUJERO SECCION 23B	mm	A_{s24}	-	Medición	75
DIAM. AGUJERO SECCION 24	mm	A_{s24}	-	Medición	75
LONGITUD SECCION 19 EJE	mm	L_{s19}	-	Medición	16
LONGITUD SECCION 20 EJE	mm	L_{s20}	-	Medición	22
LONGITUD SECCION 21A EJE	mm	L_{s21A}	-	Medición	15
LONGITUD SECCION 21B EJE	mm	L_{s21B}	-	Medición	15
LONGITUD SECCION 22 EJE	mm	L_{s22}	-	Medición	159
LONGITUD SECCION 23A EJE	mm	L_{s23A}	-	Medición	9
LONGITUD SECCION 23B EJE	mm	L_{s23B}	-	Medición	14
LONGITUD SECCION 24 EJE	mm	L_{s24}	-	Medición	126
ANCHO ASIENTO RODAMIENTO M (6212 C3)	mm	AsM	-	Manual SKF	22
ANCHO ASIENTO RODAMIENTO N (6024 C3)	mm	AsN		Manual SKF	28

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
DIAMETRO PERNO SUJECCION ACOPLADOR A MOTOR	mm	DB	-	Catálogo motor	20
PESO SECCION 19 DEL EJE	kN	W_{19}	-	$W_{19}=\gamma_{1045}*\pi*(D_{s19}^2-A_{s19}^2+DB^2)*L_{s19}/4$	0.0004
PESO SECCION 20 DEL EJE	kN	W_{20}	-	$W_{20}=\gamma_{1045}*\pi*(D_{s20}^2-A_{s20}^2+DB^2)*L_{s20}/4$	0.0046
PESO SECCION 21 DEL EJE	kN	W_{21}	-	$W_{21}=[\gamma_{1045}*\pi*(D_{s21}^2-A_{s21A}^2+DB^2)*L_{s21A}/4]+[\gamma_{1045}*\pi*(D_{s21}^2-A_{s21B}^2+DB^2)*L_{s21B}/4]$	0.0071
PESO SECCION 22 DEL EJE	kN	W_{22}	-	$W_{22}=\gamma_{1045}*\pi*(D_{s22}^2-A_{s22}^2+DB^2)*L_{s22}/4$	0.1186
PESO SECCION 23 DEL EJE	kN	W_{22}	-	$W_{23}=[\gamma_{1045}*\pi*(D_{s23}^2-A_{s23A}^2+DB^2)*L_{s23A}/4]+[\gamma_{1045}*\pi*(D_{s23}^2-A_{s23B}^2+DB^2)*L_{s23B}/4]$	0.0180
PESO SECCION 24 DEL EJE	kN	W_{24}	-	$W_{24}=\gamma_{1045}*\pi*(D_{s24}^2-A_{s24}^2+DB^2)*L_{s24}/4$	0.0814
PESO DE RODETE ACOPLADOR HIDRAULICO	kN	W_A	-	Medición en balanza	0.0980
DISTANCIA DEL CENTRO DE GRAVEDAD DEL RODETE AL EXTREMO DERECHO DE LA SECCION 22 DEL EJE DEL ACOPLADOR	mm	g		Estimación	120.0000
REACCION VERTICAL EN M	kN	R_{Mv}	-	Aplicando $\sum MN=0$ en la figura 5.9: $RM_V*(A_{sM}/2+L_{s21}-A_{sN}/2+L_{s22})=(W_{19})*(L_{s19}/2+L_{s20}+L_{s21}+L_{s22}-A_{sN}/2)+(W_{20})*(L_{s20}/2+L_{s21}+L_{s22}-A_{sN}/2)+(W_{21})*(L_{s21}/2+L_{s22}-A_{sN}/2)+(W_{22})*(L_{s22}/2-A_{sN}/2)+(W_{Rod})*(g-A_{sN}/2)+R_{XV}*(L_{s15}-As/2+L_{s24}+L_{s23}+A_{sN}/2)+R_{YV}*(L_{s16}+As/2+L_{s15}+L_{s24}+L_{s23}+A_{sN}/2)-(W_{17})*(L_{s17}/2+Ls16+Ls15+Ls24+Ls23+ASN/2)-(W_{18})*(L_{s18}/2+L_{s17}+L_{s16}+L_{s15}+L_{s24}+L_{s23}+A_{sN}/2)-(W_R+W_{16})*(L_{s16}/2+L_{s15}+L_{s24}+L_{s23}+A_{sN}/2)-W_{15}*(L_{s15}/2+L_{s24}+L_{s23}+A_{sN}/2)-W_{14}*(L_{s14}/2+9+A_{SN}/2)-W_{24}*(L_{s24}/2+L_{s23}+A_{sN}/2)-W_{23}*(L_{s23}/2+A_{sN}/2)$	-2.7036
REACCION VERTICAL EN N	kN	R_{Nv}	-	Aplicando $\sum Fy=0$ en la figura 5.9: $R_{NV}=W_{19}+W_{20}+W_{21}+W_{Rod}+W_{22}+W_{23}+W_{14}+W_{24}+W_{15}+W_R+W_{16}+W_{17}+W_{18}-R_{XV}-R_{YV}-R_{MV}$	5.8036

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
REACCION HORIZONTAL EN M	kN	R_{Mh}	-	Aplicando $\sum MN=0$ en la figura 5.9: $RM_H*(A_{sM}/2+L_{s21}+Ls22-AsN/2)=(R_{XH})*(A_{sN}/2+L_{s23}+L_{s24}+L_{s15}-A_s/2)+(R_{YH})*(A_{sN}/2+L_{s23}+L_{s24}+L_{s15}+L_{s16}+A_s/2)$	-2.4176
REACCION HORIZONTAL EN N	kN	R_{Nh}	-	Aplicando $\sum Fx=0$ en la figura 5.9: $R_{NH}=R_{XH}+R_{YH}+R_{MH}$	6.0667
REACCION EN M	kN	RM	-	Ley del paralelogramo	3.6268
REACCION EN N	kN	R_Y	-	Ley del paralelogramo	8.3957
CAPACIDAD DE CARGA DINAMICA DE RODAMIENTO M (6212 C3)	kN	C_M	-	Manual de usuario - Manual SKF	55.3000
LIMITE DE FATIGA	kN	Pu_M	-	Manual SKF	1.5300
DIAMETRO EXTERIOR	mm	D_{RM}	-	Manual SKF	110.0000
DIAMETRO INTERIOR	mm	d_{RM}	-	Manual SKF	60.0000
DIAMETRO MEDIO	mm	dm_{RM}	-	$dm_{RA/B}=(D_{RA/B}+d_{RA/B})/2$	85.0000
VISCOSIDAD SEGUN RPM A TEMPERATURA 40°C	mm^2/s	$\upsilon 1$	-	Figura 3.18 (entrando con dm=85 y RPM=53)	175.0000
VISCOSIDAD REAL (A TEMPERATURA REAL SEGUN LA VISCOSIDAD NOMINAL DEL ACEITE SHELL TELLUS 37=37)	mm^2/s	υ	-	Figura 3.19 (entrando con 70°C y ISO 37)	15.0000
RELACION DE VISCOSIDADES	Adimensional	κ	-	$\kappa=\upsilon/\upsilon 1$	0.0857
VIDA UTIL RODAJE M SIN APLICACIÓN DE FACTORES (hrs)	Horas	HRM	3.27	$HRN=(C_N/R_N)^3*1000000/(60*N_{Rel})$	1108855.0900
FACTOR nc*Pu/P nc=0.2 (contaminacion excesiva no hay filtro)	Adimensional	-	-	Tabla 3.3.	0.0844
FACTOR askf de tabla	Adimensional	a_{skfM}	-	Figura 3.17	0.1000
VIDA UTIL RODAJE M APLICANDO FACTOR askf (hrs)	**Horas**	**HRM'**	**3.27**	**$HRM'=a_{1M}*a_{SKFM}*HRM$**	110885.5090
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (dias)	**Días**	**DRM'**	**-**	**DRM'=HRM'/15**	7392.3673
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (meses)	**Meses**	**MRM'**	**-**	**MRM'=DRM'/30**	246.4122
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (años)	**Años**	**ARM'**	**-**	**ARM'=MRM'/12**	20.5344

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
CAPACIDAD DE CARGA DINAMICA DE RODAMIENTO N (6024 C3)	kN	C_N	-	Manual de usuario - Manual SKF	88.4000
LIMITE DE FATIGA	kN	Pu_N	-	Manual SKF	2.7500
DIAMETRO EXTERIOR	mm	$D_{RE/F}$	-	Manual SKF	180.0000
DIAMETRO INTERIOR	mm	$d_{RE/F}$	-	Manual SKF	120.0000
DIAMETRO MEDIO	mm	$dm_{RE/F}$		$dm_{RA/B}=(D_{RA/B}+d_{RA/B})/2$	150.0000
VISCOSIDAD SEGUN RPM A TEMPERATURA 40°C	mm^2/s	$\upsilon 1$	-	Figura 3.18 (entrando con dm=150 y RPM=53)	150.0000
VISCOSIDAD REAL (A TEMPERATURA REAL SEGUN LA VISCOSIDAD NOMINAL DEL ACEITE SHELL TELLUS 37=37)	mm^2/s	υ	-	Figura 3.19 (entrando con 70°C y ISO 37)	15.0000
RELACION DE VISCOSIDADES	Adimensional	κ	-	$\kappa=\upsilon/\upsilon 1$	0.1000
VIDA UTIL RODAJE N SIN APLICACIÓN DE FACTORES (hrs)	Horas	HRN	3.27	$HRN=(C_N/R_N)^3*1000000/(60*N_{Rel})$	365155.6134
FACTOR nc*Pu/P nc=0.2 (contaminacion excesiva no hay filtro)	Adimensional	-	-	Tabla 3.3.	0.0655
FACTOR askf de tabla	Adimensional	a_{skfN}	-	Figura 3.17	0.1000
VIDA UTIL RODAJE N APLICANDO FACTOR askf (hrs)	**Horas**	**HRN'**	**3.27**	**$HRN'=a_{1N}*a_{SKFN}*HRN$**	36515.5613
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (dias)	**Días**	**DRN'**	-	**DRN'=HRN'/15**	2434.3708
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (meses)	**Meses**	**MRN'**	-	**MRN'=DRN'/30**	81.1457
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (años)	**Años**	**ARN'**	-	**ARN'=MRN'/12**	6.7621

5.1.10. INVESTIGACION DEL DATO DE VIDA UTIL DE LOS CONTACTORES DE FUERZA Y LOS RELES DE CONTROL

Se efectúa el cálculo (tabla 5.12.) en función de lo indicado en el acápite 3.3.5.

TABLA 5.12.: CALCULO DE VIDA UTIL DE LOS CONTACTORES DEL MOTOR PRINCIPAL

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
VIDA MECANICA DEL DISPOSITIVO (MANIOBRAS)	UN	Vum	-	Catálogo del contactor (SIEMENS)	10000000.0000
% VIDA ELECTRICA	%	%EL	-	Catálogos de fabricante DANFOSS	7.0000%
VIDA ELECTRICA DEL DISPOSITIVO (MANIOBRAS)	UN	Vue	-	Vue=%EL*Vum	700000.0000
FACTOR DE EFICIENCIA	%	EF	-	Estimación por polucion	50.0000%
FACTOR DE SERVICIO MOTOR	Adimensional	FS	-	Catálogos del motor	1.1000
NUMERO DE MANIOBRAS DIARIAS OPERACIONALES PROMEDIO	Adimensional	Manop	-	Estimación	36.0000
NUMERO DE MANIOBRAS POR MANTENIMIENTO	Adimensional	Manm	-	Estimación	6.0000
MTBF ESTIMADO	Dias	MTBF	-	Del cálculo estadistico (tomamos como referencia el molino 3 el más "normalizado")	45.0000
PARAMETRO DE CALCULO	**UNIDAD**	**SIMBOLO**	**N° FORMULA**	**FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA**	**VALOR**
VIDA UTIL	**Horas Calendario**	**HRCont'**	**2.3**	**((Vue)/(FS)*EF)/((Manop)/24+(Manm)/ MTBF*(HORAS OPERATIVAS DIARIAS)/24)**	200956.9378
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (dias)	**Dias**	**DRCont**	-	**DRCont'=HRCont'/24**	8373.2057
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (meses)	**Meses**	**MRCont**	-	**MRCont'=DRCont'/30**	279.1069
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (años)	**Años**	**ARCont**	-	**ARCont'=MRCont'/12**	23.2589

5.1.11. ESTIMACIÓN DE VIDA UTIL DE ELEMENTOS DEL FRENO

Se efectúa el cálculo (tabla 5.13.) en función de lo indicado en el acápite 3.3.3.

TABLA 5.13.: CALCULO DE VIDA UTIL DE LOS ELEMENTOS DE FRENO

PARAMETRO DE CALCULO	UNIDAD	SIMBOLO	N° FORMULA	FUENTE DE DATOS O FORMULA APLICADA	VALOR
VIDA UTIL	**Horas Calendario**	**HRFre'**	-	**Aplicaciones en maquinaria pesada**	1500.0000
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (dias)	**Dias**	**DRFre'**	-	**DRFre'=HRFre'/24**	62.5000
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (meses)	**Meses**	**MRFre'**	-	**MRFre'=DRFre'/30**	2.0833
VIDA UTIL APLICANDO FACTORES (años)	**Años**	**ARFre'**	-	**ARFre'=MRFre'/12**	0.1736

5.2. ANALISIS ESTADISTICO DEL MANTENIMIENTO DE CADA MOLINO

En función a lo indicado en el acápite 3.4. se analizó estadísticamente el conjunto de datos de falla de cada molino por separado, los mismos que se muestran en las tablas 5.14 y siguientes hasta la tabla 5.20. y en los gráficos 5.11. y siguientes hasta el grafico 5.17.

TABLA 5.14.A. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 1 MEDIANTE DISTRIBUCION NORMAL 2-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X-RANGOS MEDIANOS (%): $F_{est}(t)$	t	$\varphi inv Fest(t)$	μ	σ
0	9	1	0	7.44681%	0	-1.443299324	43.77777778	62.42798217
118		2	5	18.08511%	5	-0.912126504		
74		3	7	28.72340%	7	-0.561483339		
7		4	7	39.36170%	7	-0.269904087		
13		5	13	50.00000%	13	-1.39214E-16		
131		6	39	60.63830%	39	0.269904087		
5		7	74	71.27660%	74	0.561483339		
39		8	118	81.91489%	118	0.912126504		
7		9	131	92.55319%	131	1.443299324		

FIGURA 5.11.A: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL t vs φinvFest(t)

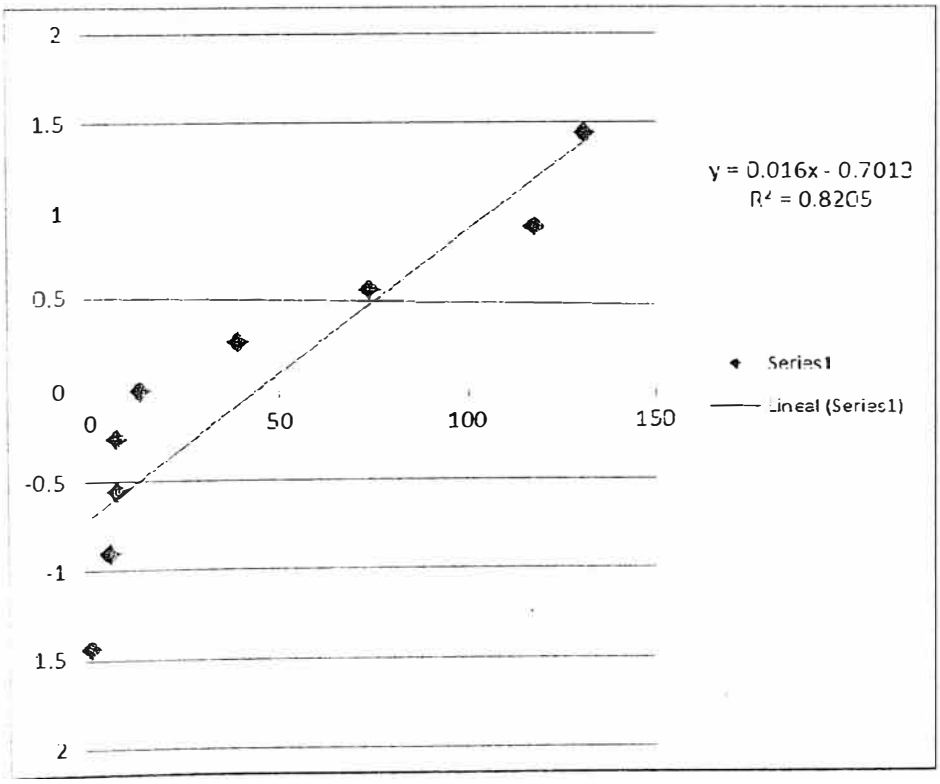


TABLA 5.14.B. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 1 MEDIANTE DISTRIBUCION LOG NOR 3-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	PARAMETRO γ A ITERAR	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $F_{est}(t)$	ln(t-γ)	$\varphi_{inv}(F_{est}(t))$	γ	m	σ
0	9	-1.89	1	0	7.44681%	0.636576829	-1.443299324	-1.89	3.039273188	1.657334945
118			2	5	18.08511%	1.930071085	-0.912126504			
74			3	7	28.72340%	2.18492705	-0.561483339			
7			4	7	39.36170%	2.18492705	-0.269904087			
13			5	13	50.00000%	2.700689847	-1.39214E-16			
131			6	39	60.63830%	3.710885534	0.269904087			
5			7	74	71.27660%	4.329284923	0.561483339			
39			8	118	81.91489%	4.786574656	0.912126504			
7			9	131	92.55319%	4.889521718	1.443299324			

FIGURA 5.11.B: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL ln(t-γ) vs φinvFest(t)

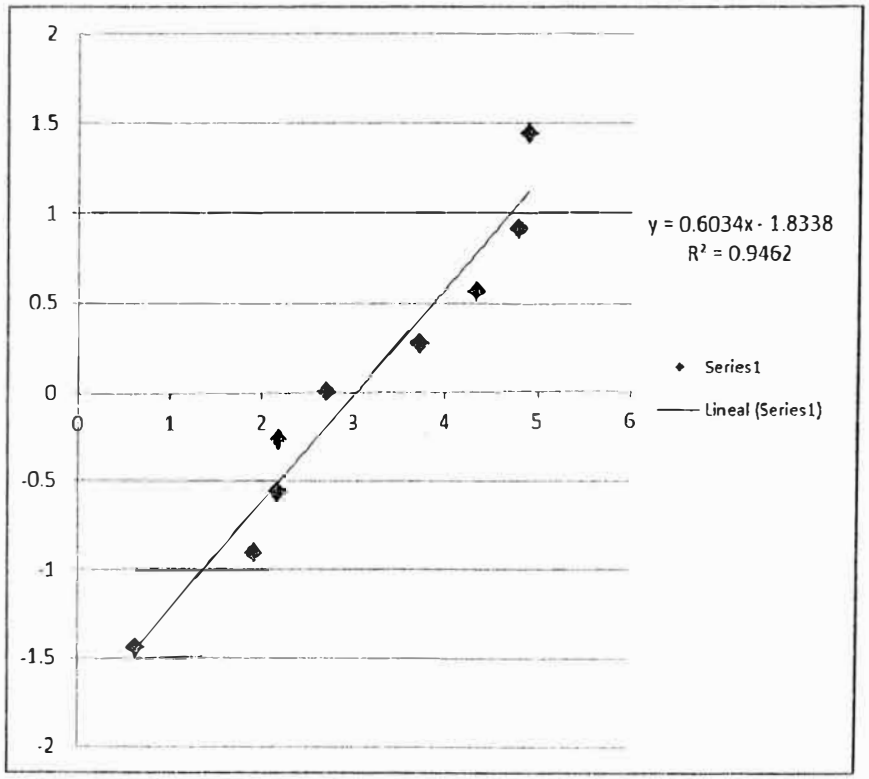


TABLA 5.14.C. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 1 MEDIANTE DISTRIBUCION WEIBULL 3-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	PARAMETRO γ A ITERAR	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): Fest (t)	ln(t-γ)	ln ln (1/(1-Fest(t)))	β	η	γ	μ (MTBF)	σ
0	9	-0.55	1	0	7.44681%	-0.597837001	-2.558940818	0.606924003	39.58136092	-0.55	58.1292965	101.7027307
118			2	5	18.08511%	1.713797928	-1.611994375					
74			3	7	28.72340%	2.021547563	-1.082929422					
7			4	7	39.36170%	2.021547563	-0.69266027					
13			5	13	50.00000%	2.606386547	-0.366512921					
131			6	39	60.63830%	3.677565694	-0.070018179					
5			7	74	71.27660%	4.311470041	0.221107814					
39			8	118	81.91489%	4.775334813	0.536540994					
7			9	131	92.55319%	4.879387007	0.954505028					

FIGURA 5.11.C: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL ln(t-γ) vs ln ln (1/(1-Fest(t)))

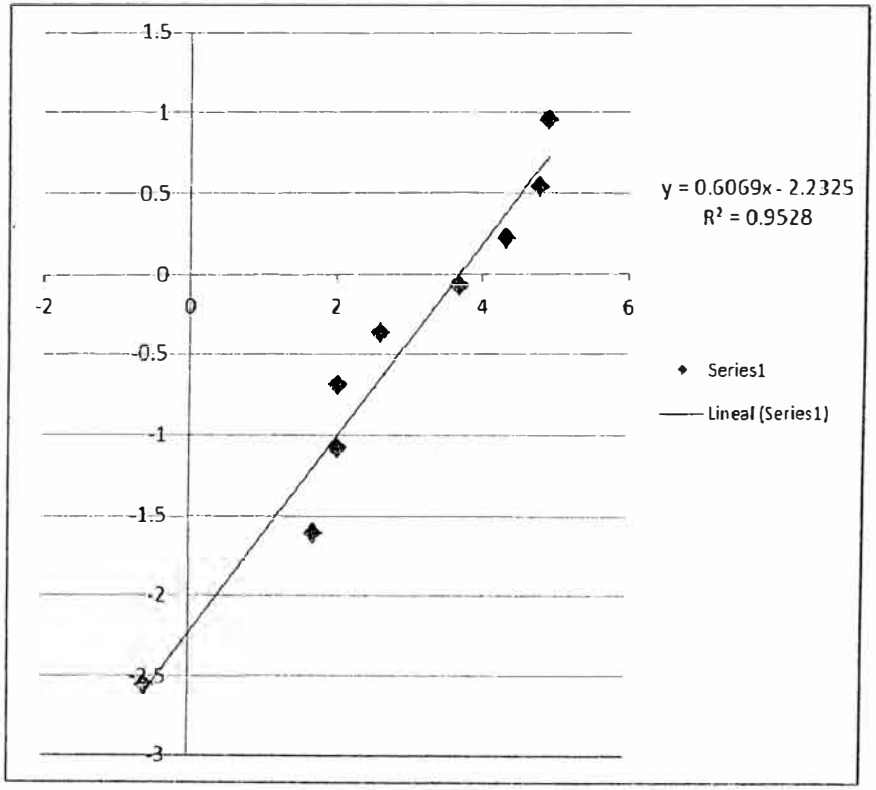


TABLA 5.14.D. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 1 MEDIANTE DISTRIBUCION EXPONENCIAL 2-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $F_{est}(t)$	t	ln (1/(1-Fest(t)))	λ	γ	μ (MTBF)	σ
0	9	1	0	7.45%	0	0.077386664	0.015309135	-16.43441768	65.32047634	65.32047634
118		2	5	18.09%	5	0.19948936				
74		3	7	28.72%	7	0.338602163				
7		4	7	39.36%	7	0.500243514				
13		5	13	50.00%	13	0.693147181				
131		6	39	60.64%	39	0.93237687				
5		7	74	71.28%	74	1.247457916				
39		8	118	81.91%	118	1.710081438				
7		9	131	92.55%	131	2.597384633				

FIGURA 5.11.D: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL t vs ln (1/(1-Fest(t)))

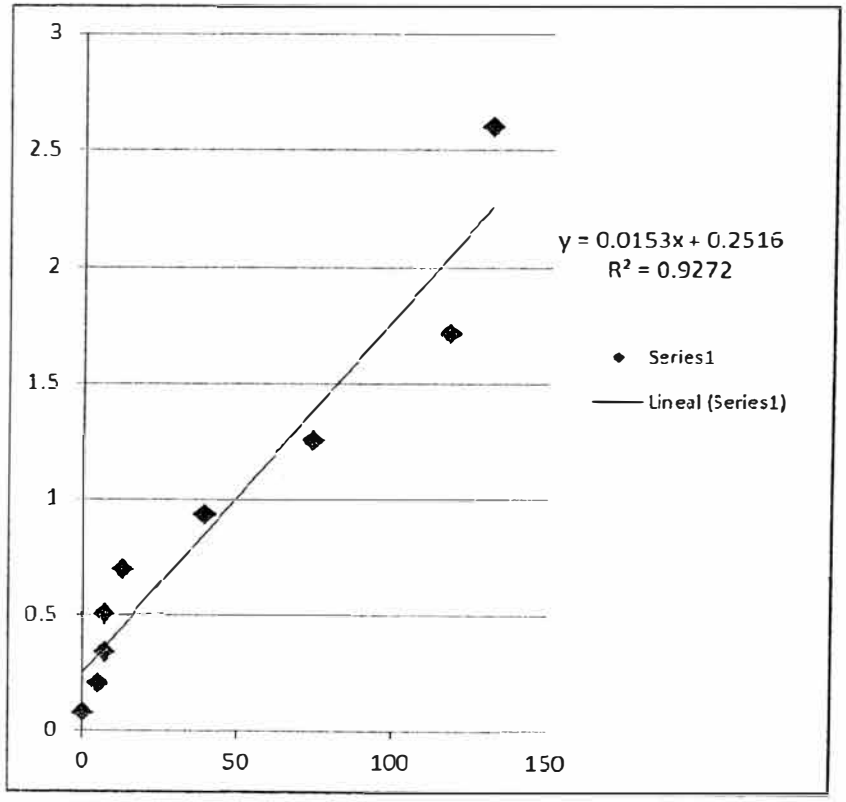


TABLA 5.14.E. PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE A LOS MODELOS ESTADISTICOS DEL MOLINO 1 PARA SELECCIONAR EL MAS ADECUADO

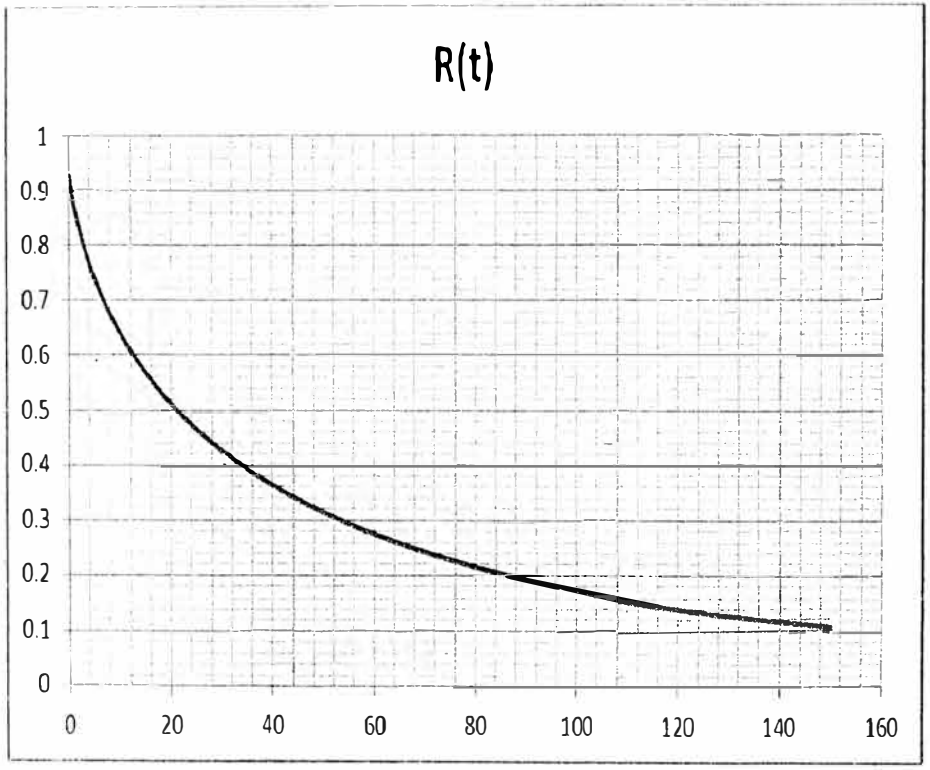
TEST DE KOLMOGOROV - SMIRNOF

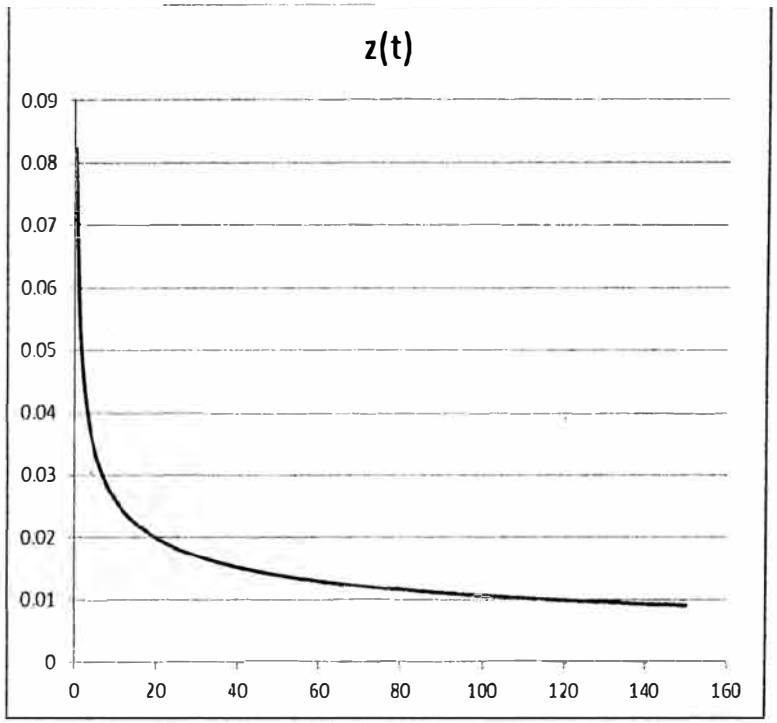
	Datos	F(t) real	F(t) dist normal	F(t) dist log-normal	F(t) dist weibull	F(t) dist exp	Discrepancia dist normal	Discrepancia dist log-normal	Discrepancia dist weibull	Discrepancia dist exp
1	0	7.45%	24.16%	7.36%	7.19%	22.24%	0.167104645	0.000901859	0.002562718	0.147973667
2	5	18.09%	26.72%	25.17%	26.18%	27.97%	0.086396048	0.070811039	0.080926846	0.098888487
3	7	28.72%	27.79%	30.31%	30.64%	30.15%	0.009344755	0.015869905	0.019152436	0.014224442
4	7	39.36%	27.79%	30.31%	30.64%	30.15%	0.115727733	0.090513073	0.087230543	0.092158536
5	13	50.00%	31.10%	41.91%	40.65%	36.28%	0.188998135	0.080938063	0.09349302	0.137235826
6	39	60.64%	46.95%	65.73%	63.19%	57.20%	0.136885302	0.050965123	0.025560606	0.03437403
7	74	71.28%	68.58%	78.18%	76.97%	74.95%	0.026918656	0.069057149	0.05696653	0.036778218
8	118	81.91%	88.28%	85.41%	85.72%	87.23%	0.063616579	0.034974574	0.038008251	0.053151466
9	131	92.55%	91.88%	86.79%	87.42%	89.53%	0.006713821	0.057657418	0.051356319	0.030186143
		max					0.188998135	0.090513073	0.09349302	0.147973667
	Kolmogorov para n=9, significancia 0.05						0.432	0.432	0.432	0.432
	Diferencia con el maximo (se selecciona la mayor diferencia)						0.243001865	0.341486927	0.33850698	0.284026333

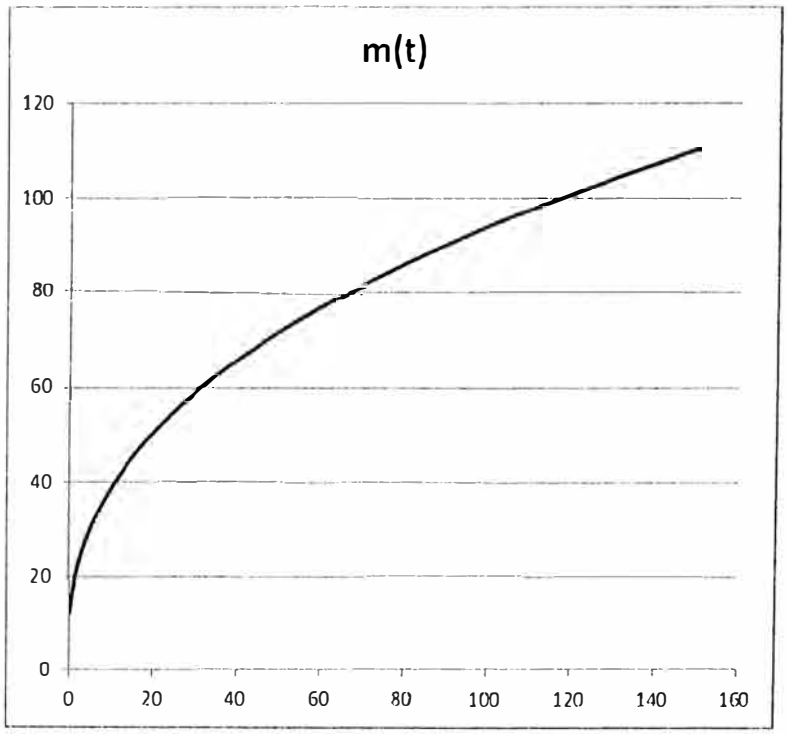
TEST DE ANDERSON - DARLING

i	Datos	F(t) real	F(t) dist normal	F(t) dist log-normal	F(t) dist weibull	F(t) dist exp	Si dist normal	Si dist log-normal	Si dist weibull	Si dist exp
1	0	7.45%	24.16%	7.36%	7.19%	22.24%	-0.436849731	-0.514841364	-0.522808036	-0.417798158
2	5	18.09%	26.72%	25.17%	26.18%	27.97%	-1.154386913	-1.101554309	-1.09542309	-1.110656985
3	7	28.72%	27.79%	30.31%	30.64%	30.15%	-1.354671444	-1.50896032	-1.473011956	-1.435330939
4	7	39.36%	27.79%	30.31%	30.64%	30.15%	-1.489027113	-1.76144865	-1.697443239	-1.592714635
5	13	50.00%	31.10%	41.91%	40.65%	36.28%	-1.540473085	-1.412847681	-1.421884005	-1.464617793
6	39	60.64%	46.95%	65.73%	63.19%	57.20%	-1.322039571	-0.954140709	-1.008083405	-1.121219379
7	74	71.28%	68.58%	78.18%	76.97%	74.95%	-1.014978004	-0.877132802	-0.90646487	-0.934628776
8	118	81.91%	88.28%	85.41%	85.72%	87.23%	-0.726070712	-0.745966898	-0.762740878	-0.774606355
9	131	92.55%	91.88%	86.79%	87.42%	89.53%	-0.682220363	-0.412006104	-0.394958337	-0.684046037
							-9.720716936	-9.288898838	-9.282817815	-9.535619057
	Anderson al cuadrado (se selecciona el menor)						0.720716936	0.288898838	0.282817815	0.535619057
	Chequeo p-valor >0.05						NO	SI	SI	SI

FIGURA 5.11.E: GRAFICOS DE CONFIABILIDAD R(t), FRECUENCIA DE FALLOS z(t) y TIEMPO ENTRE FALLOS m(t) EN EL MODELO WEIBULL SELECCIONADO







DIAGNOSTICO PERIODO: INFANCIA

TABLA 5.15.A. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 2 MEDIANTE DISTRIBUCION NORMAL 2-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $\hat{F}_{est}(t)$	t	$\phi_{inv}(\hat{F}est(t))$	μ (MTBF)	σ
0	11	1	0	6.14035%	0	-1.543097927	62.72727273	146.1087706
356		2	4	14.91228%	4	-1.040202966		
72		3	6	23.68421%	6	-0.7164975		
10		4	10	32.45614%	10	-0.45498114		
96		5	10	41.22807%	10	-0.221682051		
10		6	14	50.00000%	14	-1.39214E-16		
14		7	22	58.77193%	22	0.221682051		
100		8	72	67.54386%	72	0.45498114		
4		9	96	76.31579%	96	0.7164975		
6		10	100	85.08772%	100	1.040202966		
22		11	356	93.85965%	356	1.543097927		

FIGURA 5.12.A: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL t vs φinvFest(t)

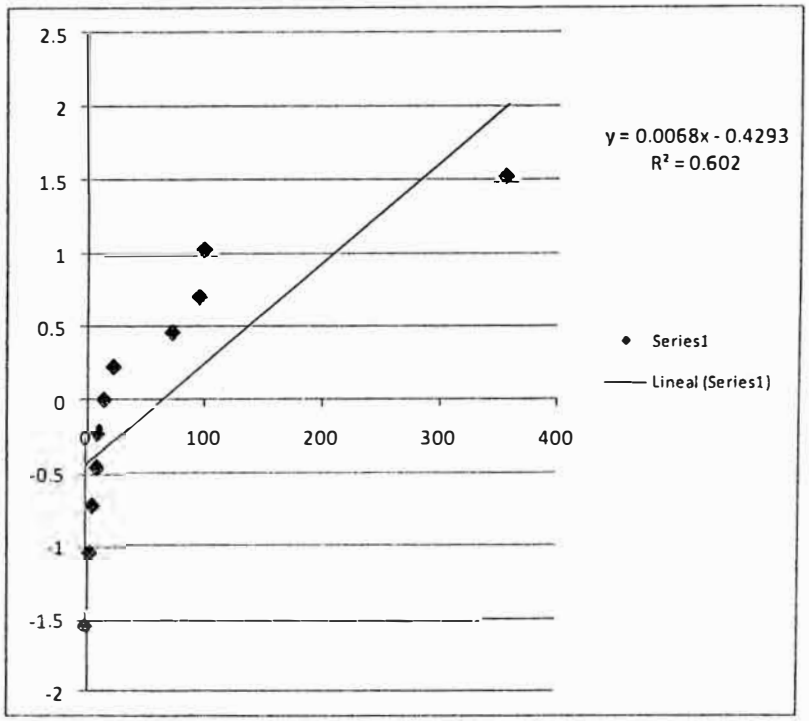


TABLA 5.15.B. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 2 MEDIANTE DISTRIBUCION LOG NOR 3-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL O ABACO DE KAO

DATOS	MUESTRA (n)	PARAMETRO γ A ITERAR	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $F_{est}(t)$	ln(t-γ)	$\phi_{inv}(F_{est}(t))$	γ	m	σ
0	11	-1.3	1	0	6.14035%	0.262364264	-1.543097927	-1.3	3.092079895	1.782499091
356			2	4	14.91228%	1.667706821	-1.040202966			
72			3	6	23.68421%	1.987874348	-0.7164975			
10			4	10	32.45614%	2.424802726	-0.45498114			
96			5	10	41.22807%	2.424802726	-0.221682051			
10			6	14	50.00000%	2.727852828	-1.39214E-16			
14			7	22	58.77193%	3.148453361	0.221682051			
100			8	72	67.54386%	4.294560609	0.45498114			
4			9	96	76.31579%	4.577798989	0.7164975			
6			10	100	85.08772%	4.618086411	1.040202966			
22			11	356	93.85965%	5.878575765	1.543097927			

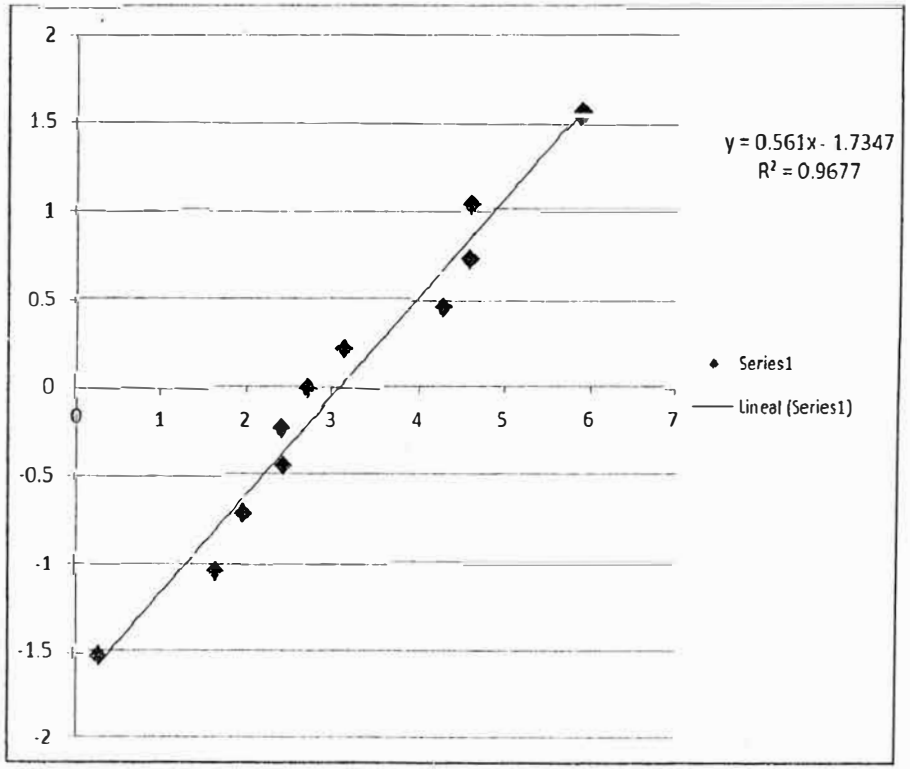


FIGURA 5.12.B: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL ln(t-γ) vs φinvFest(t)

TABLA 5.15.C. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 2 MEDIANTE DISTRIBUCION WEIBULL 3-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	PARAMETRO γ A ITERAR	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $F_{est}(t)$	ln(t-γ)	ln ln (1/(1-Fest(t)))	β	η	γ	μ (MTBF)	σ
0	11	-0.4	1	0	6.14035%	-0.916290732	-2.758770808	0.58846011	45.77695427	-0.4	70.27443741	127.3107942
356			2	4	14.91228%	1.481604541	-1.823327725					
72			3	6	23.68421%	1.85629799	-1.308258602					
10			4	10	32.45614%	2.341805806	-0.935491323					
96			5	10	41.22807%	2.341805806	-0.632041114					
10			6	14	50.00000%	2.667228207	-0.366512921					
14			7	22	58.77193%	3.109060959	-0.120980941					
100			8	72	67.54386%	4.282206299	0.11803237					
4			9	96	76.31579%	4.568506202	0.364894181					
6			10	100	85.08772%	4.609162207	0.643423761					
22			11	356	93.85965%	5.876053696	1.026144924					

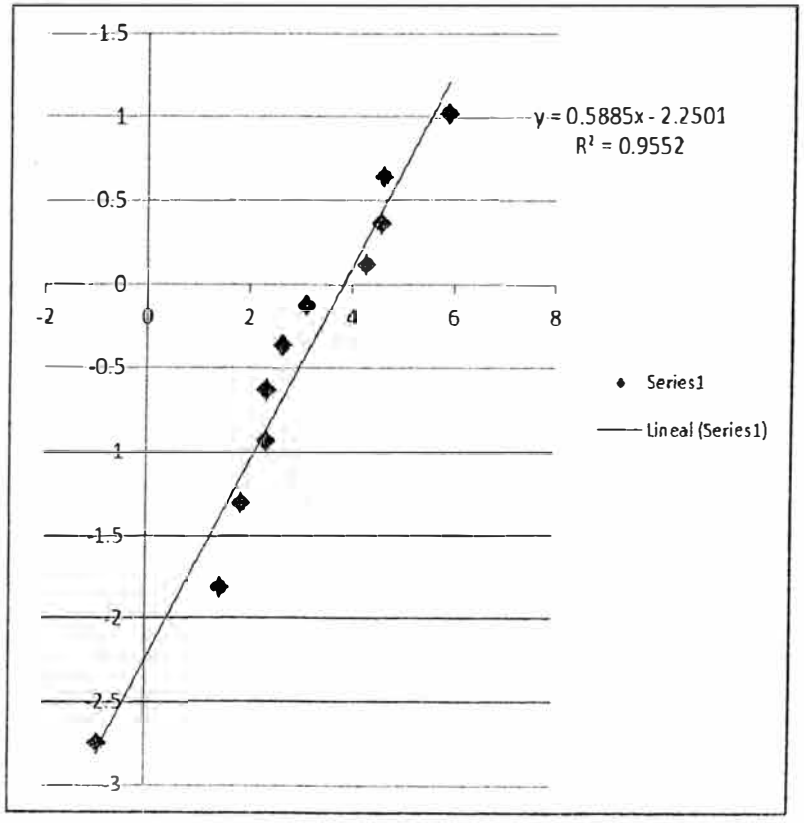


FIGURA 5.12.C: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL

ln(t-γ) vs ln ln (1/(1-Fest(t)))

TABLA 5.15.D. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 2 MEDIANTE DISTRIBUCION EXPONENCIAL 2-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $F_{est}(t)$	t	ln (1/(1-Fest(t))	λ	γ	μ (MTBF)	σ
0	11	1	0	6.14%	0	0.063369614	0.007356047	-64.03498004	135.9425811	135.9425811
356		2	4	14.91%	4	0.16148747				
72		3	6	23.68%	6	0.27029033				
10		4	10	32.46%	10	0.392393027				
96		5	10	41.23%	10	0.531505829				
10		6	14	50.00%	14	0.693147181				
14		7	22	58.77%	22	0.886050847				
100		8	72	67.54%	72	1.125280536				
4		9	96	76.32%	96	1.440361582				
6		10	100	85.09%	100	1.902985104				
22		11	356	93.86%	356	2.790288299				

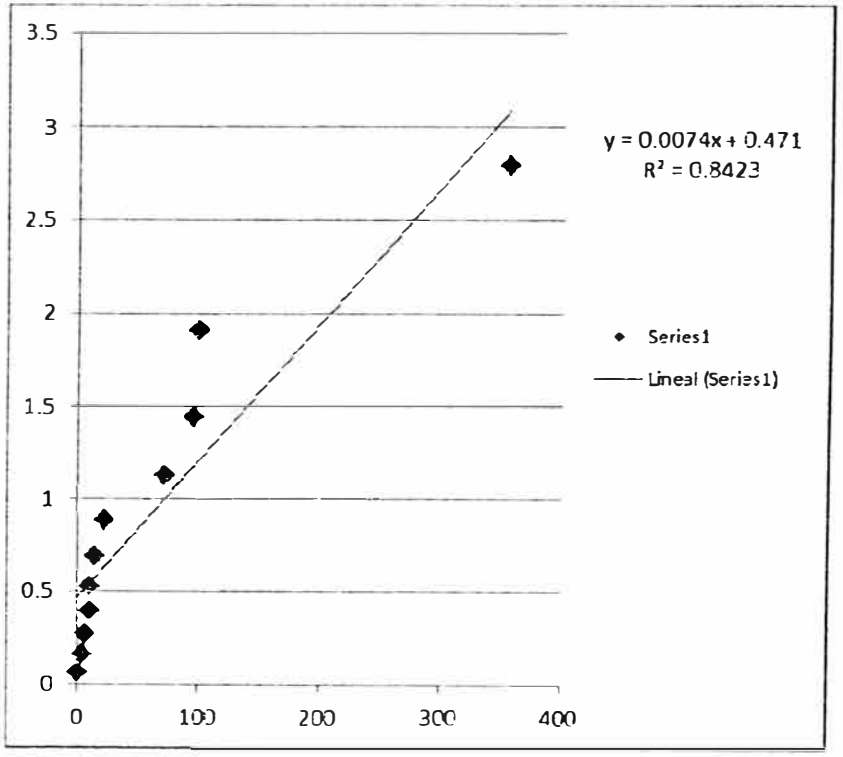


FIGURA 5.12.D: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL t vs ln ln (1/(1-Fest(t)))

TABLA 5.15.E. PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE A LOS MODELOS ESTADISTICOS DEL MOLINO 2 PARA SELECCIONAR EL MAS ADECUADO

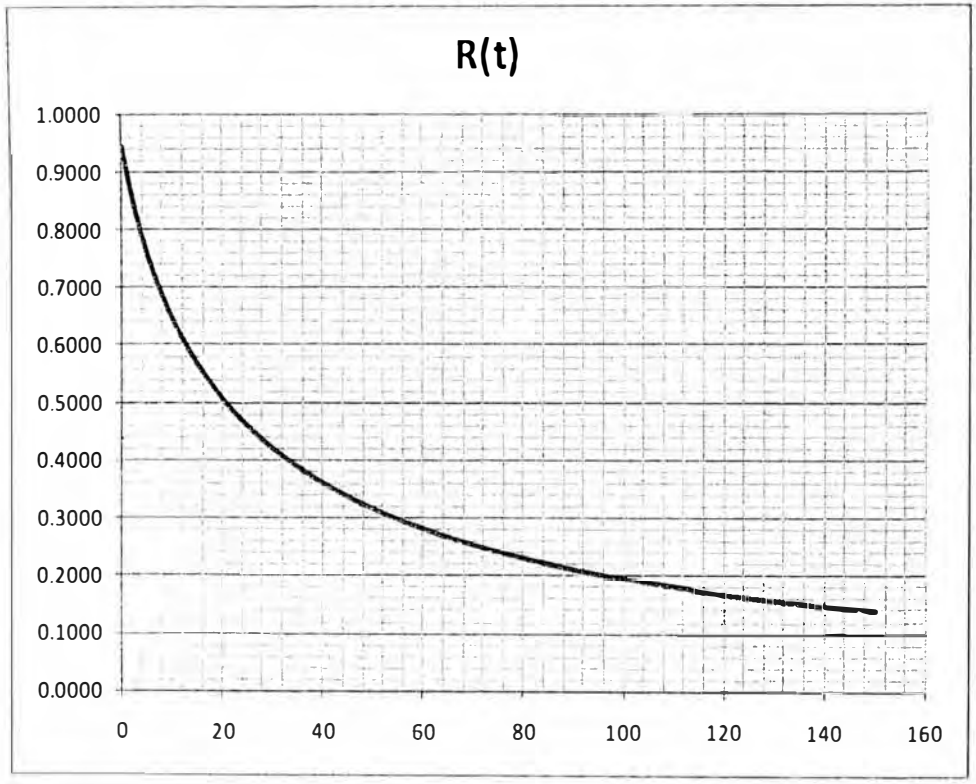
TEST DE KOLMOGOROV - SMIRNOF

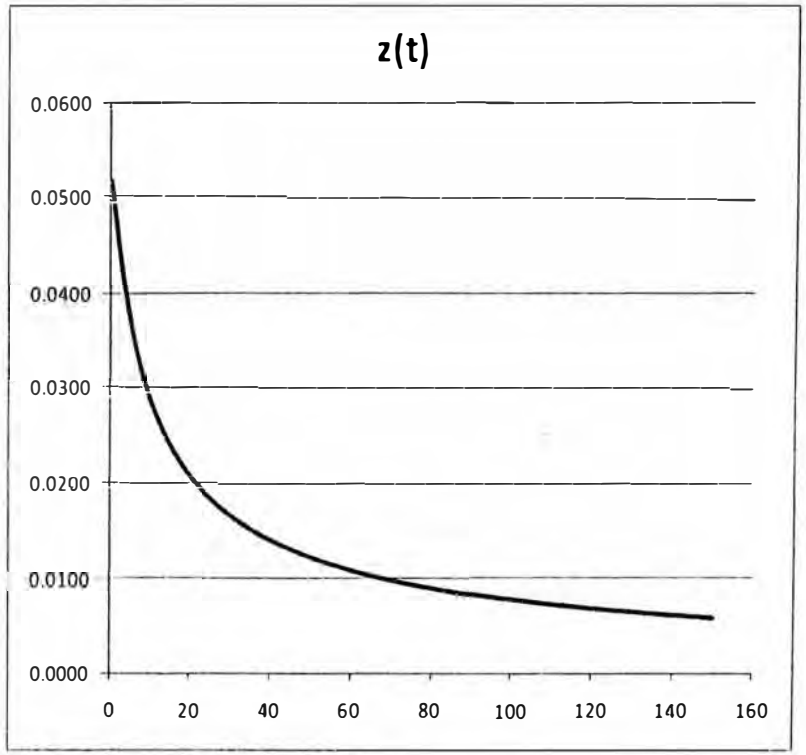
Datos	F(t) real	F(t) dist normal	F(t) dist log-normal	F(t) dist weibull	F(t) dist exp	Discrepancia dist normal	Discrepancia dist log-normal	Discrepancia dist weibull	Discrepancia dist exp
0	6.14035%	33.38%	5.62%	5.96%	37.57%	0.272442033	0.005203679	0.001792583	0.314246582
4	14.91228%	34.39%	21.21%	22.28%	39.38%	0.194740495	0.062996978	0.073642033	0.244630628
6	23.68421%	34.89%	26.78%	26.96%	40.26%	0.112072038	0.03096113	0.032771282	0.165765197
10	32.45614%	35.91%	35.41%	34.17%	41.99%	0.034534352	0.02951085	0.017128848	0.095367605
10	41.22807%	35.91%	35.41%	34.17%	41.99%	0.053184946	0.058208448	0.070590451	0.007648307
14	50.00000%	36.94%	41.90%	39.73%	43.67%	0.130621549	0.080954165	0.102709064	0.063251537
22	58.77193%	39.02%	51.26%	48.14%	46.89%	0.197499517	0.075104419	0.10629817	0.118780851
72	67.54386%	52.53%	75.00%	73.01%	63.24%	0.15013689	0.074597654	0.054648733	0.043068078
96	76.31579%	59.01%	79.77%	78.77%	69.19%	0.173087627	0.034561671	0.024589615	0.071290573
100	85.08772%	60.07%	80.40%	79.56%	70.08%	0.250199121	0.046847024	0.055311573	0.150075407
356	93.85965%	97.76%	94.10%	96.48%	95.45%	0.03904049	0.002406882	0.026168534	0.015892317
	max					0.272442033	0.080954165	0.10629817	0.314246582
Kolmogorov para n=11, significancia 0.05						0.391	0.391	0.391	0.391
Diferencia con el maximo (se selecciona la mayor diferencia)						0.118557967	0.310045835	0.28470183	0.076753418

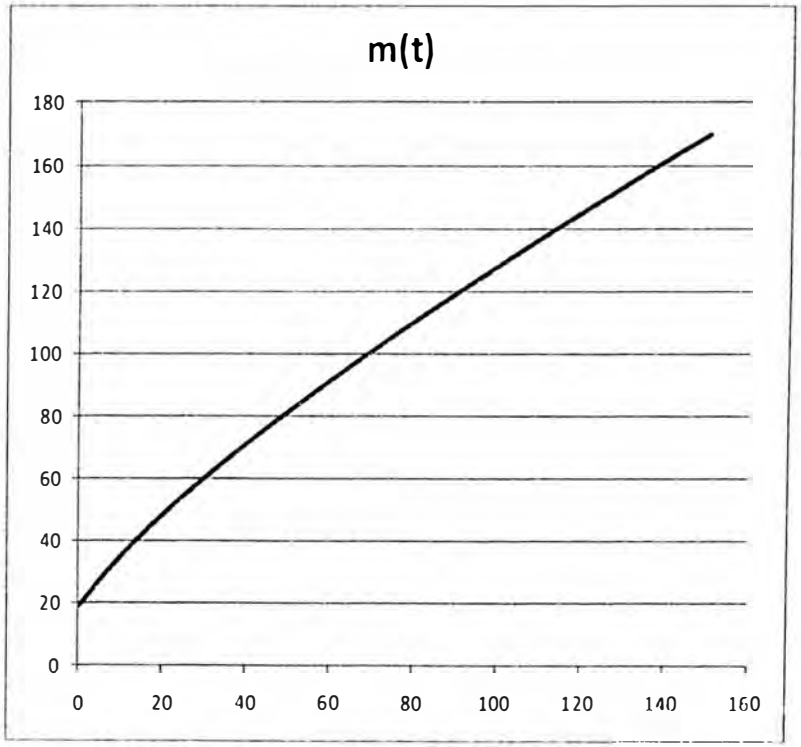
TEST DE ANDERSON - DARLING

i	Datos	F(t) real	F(t) dist nor	F(t) dist log-normal	F(t) dist weibull	F(t) dist exp	Si dist normal	Si dist log-normal	Si dist weibull	Si dist exp
1	0	6.14035%	33.38%	5.62%	5.96%	37.57%	-0.445220314	-0.634346284	-0.685070276	-0.452099354
2	4	14.91228%	34.39%	21.21%	22.28%	39.38%	-0.541499571	-0.867381463	-0.842494589	-0.583276191
3	6	23.68421%	34.89%	26.78%	26.96%	40.26%	-0.883954052	-1.325274101	-1.300338621	-0.948644747
4	10	32.45614%	35.91%	35.41%	34.17%	41.99%	-1.125881302	-1.542986871	-1.516777479	-1.188949554
5	10	41.22807%	35.91%	35.41%	34.17%	41.99%	-1.242673266	-1.437508592	-1.415874925	-1.227720236
6	14	50.00000%	36.94%	41.90%	39.73%	43.67%	-1.456982909	-1.412858389	-1.42940711	-1.40242682
7	22	58.77193%	39.02%	51.26%	48.14%	46.89%	-1.637905898	-1.306261353	-1.358018506	-1.538595553
8	72	67.54386%	52.53%	75.00%	73.01%	63.24%	-1.484533256	-0.988229139	-0.999096597	-1.367569879
9	96	76.31579%	59.01%	79.77%	78.77%	69.19%	-1.478424183	-0.83099734	-0.854263813	-1.365473489
10	100	85.08772%	60.07%	80.40%	79.56%	70.08%	-1.608233017	-0.788547843	-0.830324646	-1.478543197
11	356	93.85965%	97.76%	94.10%	96.48%	95.45%	-0.818714743	-0.226512442	-0.185816181	-0.988190656
							-12.72402251	-11.36090382	-11.41748274	-12.54148968
Anderson al cuadrado (se selecciona el menor)							1.724022511	0.360903817	0.417482744	1.541489677
Chequeo p-valor >0.05							NO	SI	SI	NO

FIGURA 5.12.E: GRAFICOS DE CONFIABILIDAD R(t), FRECUENCIA DE FALLOS z(t) y TIEMPO ENTRE FALLOS m(t) EN EL MODELO LOG NORMAL SELECCIONADO







DIAGNOSTICO PERIODO: INFANCIA

TABLA 5.16.A. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 3 MEDIANTE DISTRIBUCION NORMAL 2-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $F_{est}(t)$	t	$\phi^{-1}(F_{est}(t))$	μ (MTBF)	σ
5	14	1	0	4.86111%	0	-1.658472061	27	34.40305514
87		2	3	11.80556%	3	-1.184763138		
9		3	3	18.75000%	3	-0.887146559		
60		4	5	25.69444%	5	-0.652794315		
37		5	9	32.63889%	9	-0.449906615		
3		6	10	39.58333%	10	-0.264146977		
33		7	11	46.52778%	11	-0.087145882		
17		8	17	53.47222%	17	0.087145882		
0		9	22	60.41667%	22	0.264146977		
81		10	33	67.36111%	33	0.449906615		
3		11	37	74.30556%	37	0.652794315		
22		12	60	81.25000%	60	0.887146559		
11		13	81	88.19444%	81	1.184763138		
10		14	87	95.13889%	87	1.658472061		

FIGURA 5.13.A: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL t vs φinvFest(t)

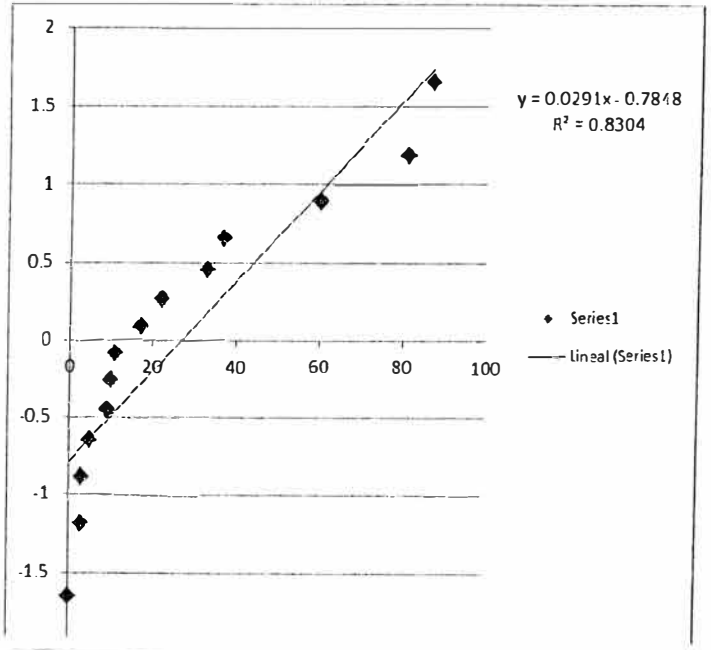


TABLA 5.16.B. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 3 MEDIANTE DISTRIBUCION LOG NOR 3-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL O ABACO DE KAO

DATOS	MUESTRA (n)	PARAMETRO γ A ITERAR	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $F_{est}(t)$	ln(t-γ)	φinv(Fest(t))	γ	m	σ
5	14	-2.5	1	0	4.86111%	0.916290732	-1.658472061	-2.5	2.884330576	1.185561054
87			2	3	11.80556%	1.704748092	-1.184763138			
9			3	3	18.75000%	1.704748092	-0.887146559			
60			4	5	25.69444%	2.014903021	-0.652794315			
37			5	9	32.63889%	2.442347035	-0.449906615			
3			6	10	39.58333%	2.525728644	-0.264146977			
33			7	11	46.52778%	2.602689685	-0.087145882			
17			8	17	53.47222%	2.970414466	0.087145882			
0			9	22	60.41667%	3.198673118	0.264146977			
81			10	33	67.36111%	3.569532696	0.449906615			
3			11	37	74.30556%	3.676300672	0.652794315			
22			12	60	81.25000%	4.135166557	0.887146559			
11			13	81	88.19444%	4.424846632	1.184763138			
10			14	87	95.13889%	4.494238625	1.658472061			

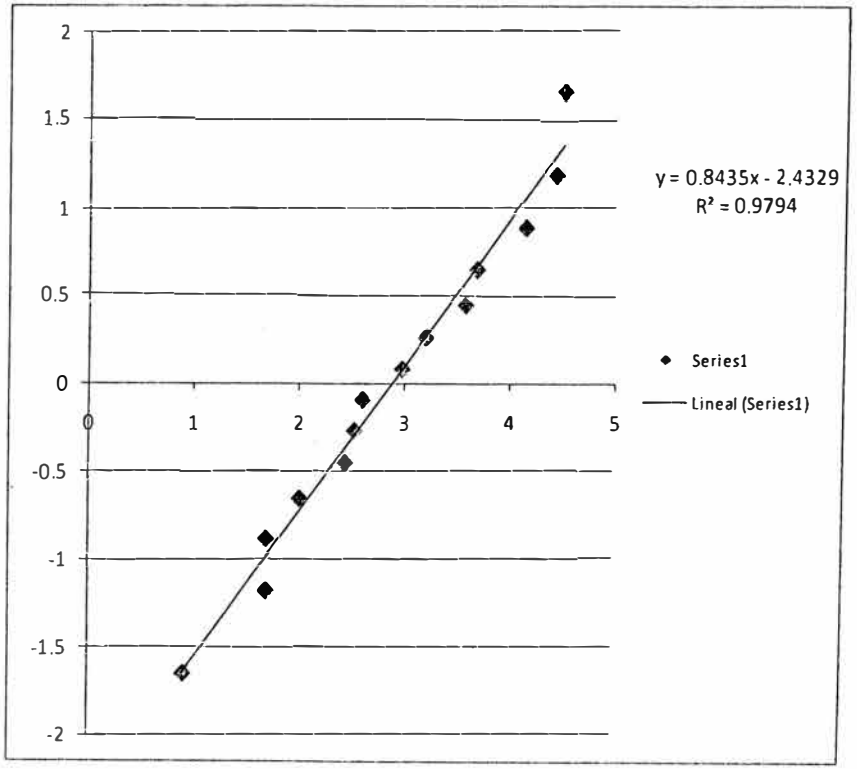


FIGURA 5.13.B: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL ln(t-γ) vs φinvFest(t)

TABLA 5.16.C. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 3 MEDIANTE DISTRIBUCION WEIBULL 3-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	PARAMETRO γ A ITERAR	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $F_{est}(t)$	ln(t-γ)	ln ln (1/(1-Fest(t)))	β	η	γ	μ (MTBF)	σ
5	14	-0.7	1	0	4.86111%	-0.356674944	-2.999090431	0.830267469	27.19729092	-0.7	29.33857235	36.38533072
87			2	3	11.80556%	1.30833282	-2.074444344					
9			3	3	18.75000%	1.30833282	-1.571952527					
60			4	5	25.69444%	1.740466175	-1.214075448					
37			5	9	32.63889%	2.272125886	-0.928610507					
3			6	10	39.58333%	2.370243741	-0.685367162					
33			7	11	46.52778%	2.459588842	-0.468392324					
17			8	17	53.47222%	2.87356464	-0.267721706					
0			9	22	60.41667%	3.122364924	-0.076058454					
81			10	33	67.36111%	3.517497837	0.113030157					
3			11	37	74.30556%	3.629660094	0.306672154					
22			12	60	81.25000%	4.105943698	0.515201894					
11			13	81	88.19444%	4.403054002	0.75921576					
10			14	87	95.13889%	4.473921899	1.106548431					

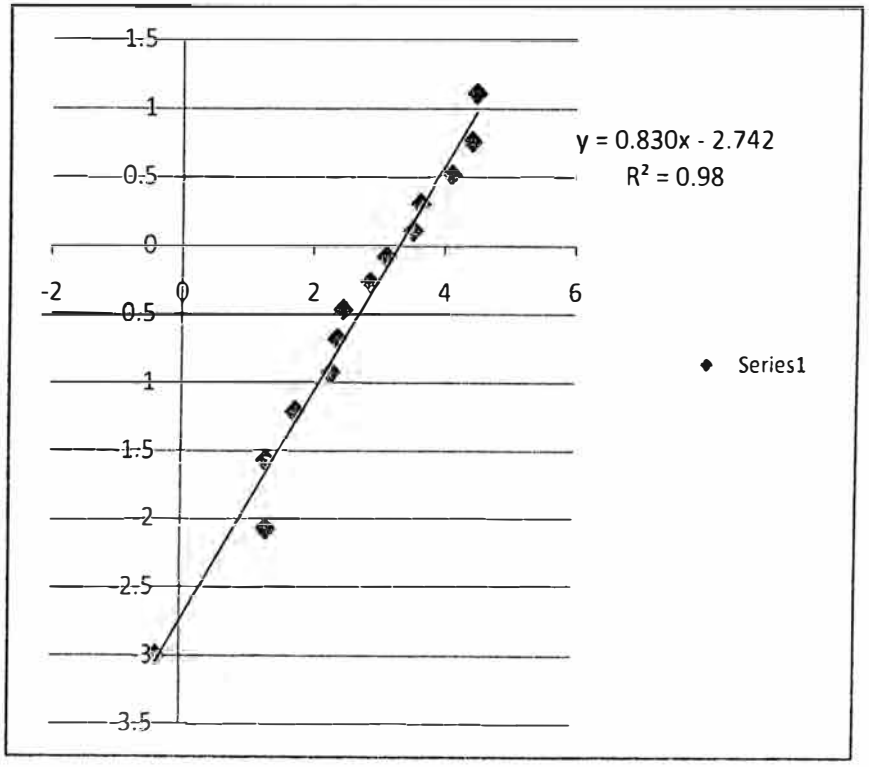


FIGURA 5.13.C: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL

ln(t-γ) vs ln ln (1/(1-Fest(t)))

TABLA 5.16.D. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 3 MEDIANTE DISTRIBUCION EXPONENCIAL 2-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $F_{est}(t)$	t	ln (1/(1-Fest(t))	λ	γ	μ (MTBF)	σ
5	14	1	0	4.86%	0	0.049832374	0.028693863	-5.884137702	34.85065794	34.85065794
87		2	3	11.81%	3	0.125626213				
9		3	3	18.75%	3	0.207639365				
60		4	5	25.69%	5	0.296984465				
37		5	9	32.64%	9	0.395102321				
3		6	10	39.58%	10	0.503905181				
33		7	11	46.53%	11	0.626007878				
17		8	17	53.47%	17	0.76512068				
0		9	22	60.42%	22	0.926762032				
81		10	33	67.36%	33	1.119665698				
3		11	37	74.31%	37	1.358895387				
22		12	60	81.25%	60	1.673976434				
11		13	81	88.19%	81	2.136599956				
10		14	87	95.14%	87	3.023903151				

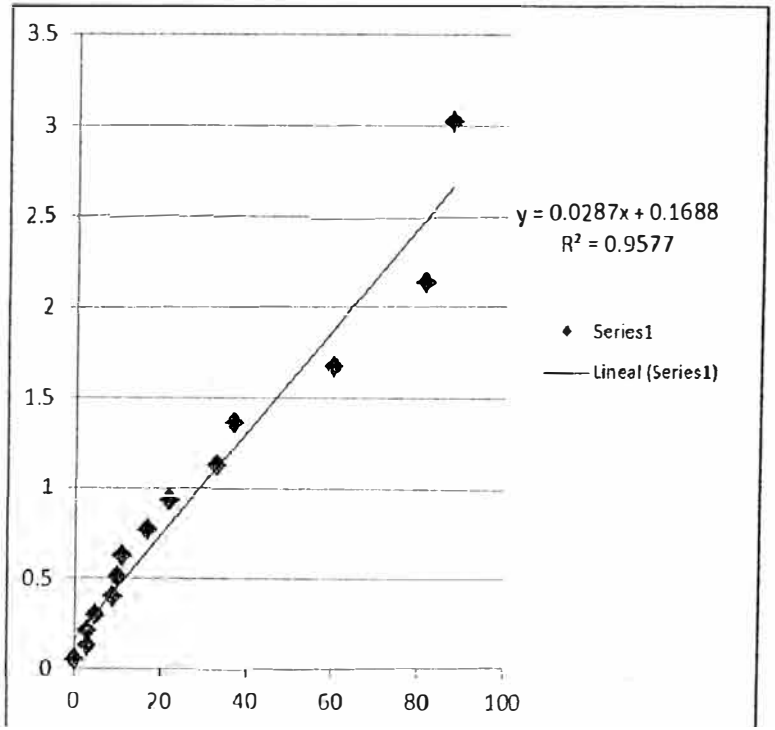


FIGURA 5.13.D: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL t vs ln ln (1/(1-Fest(t)))

TABLA 5.16.E. PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE A LOS MODELOS ESTADISTICOS DEL MOLINO 3 PARA SELECCIONAR EL MAS ADECUADO

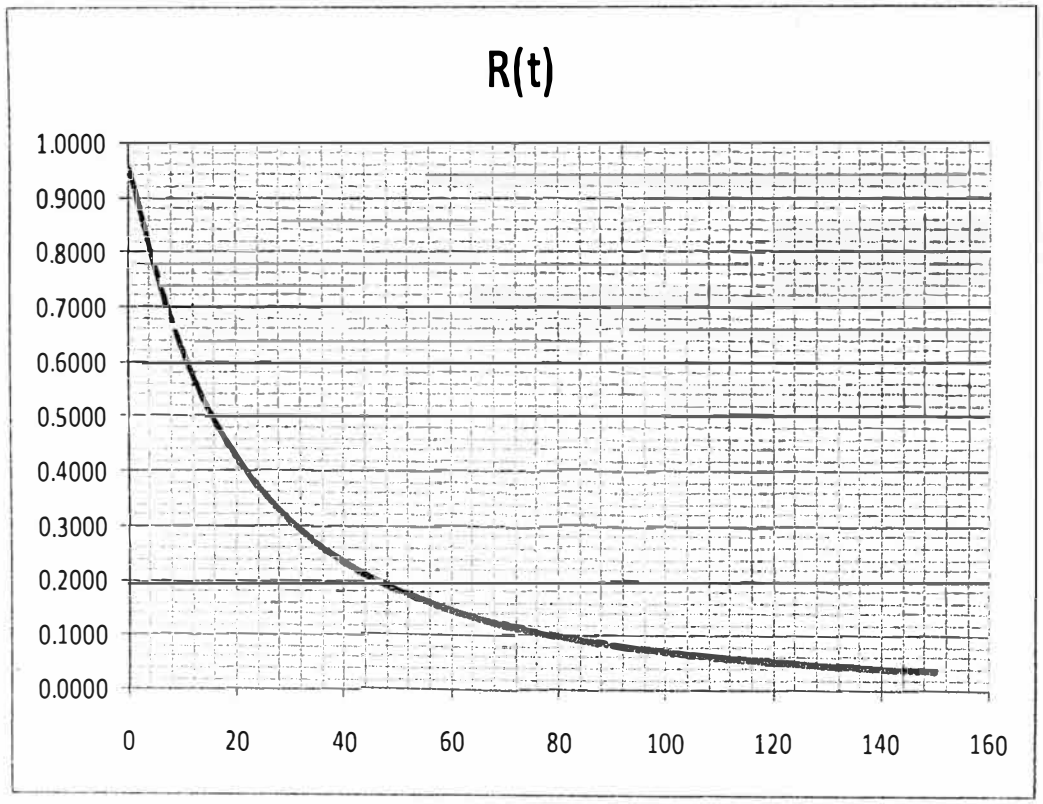
TEST DE KOLMOGOROV - SMIRNOF

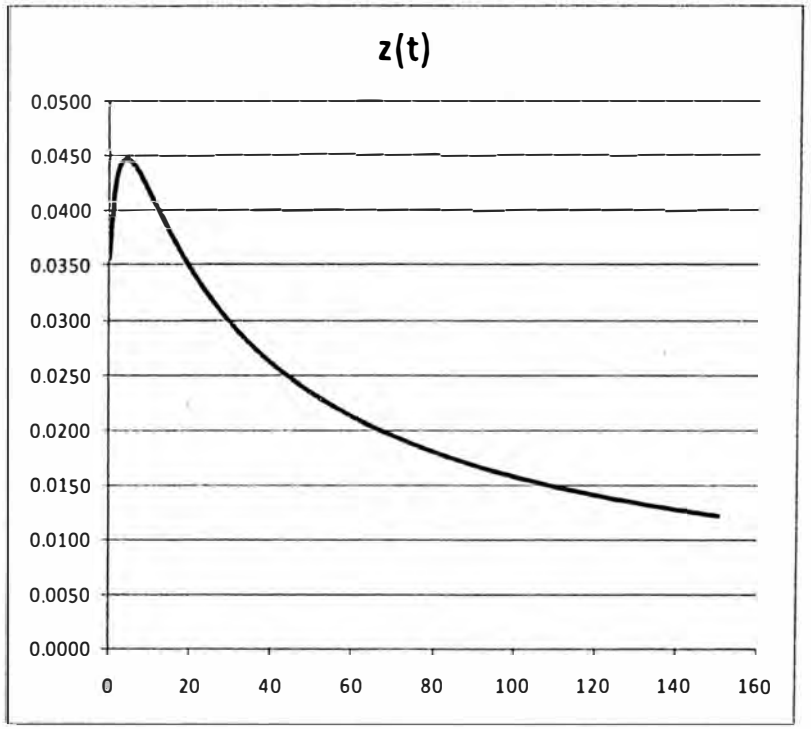
Datos	F(t) real	F(t) dist normal	F(t) dist log-normal	F(t) dist weibull	F(t) dist exp	Discrepancia dist normal	Discrepancia dist log-normal	Discrepancia dist weibull	Discrepancia dist exp
0	4.86111%	21.63%	4.85%	4.68%	15.54%	0.167670198	0.000154606	0.001838697	0.106743705
3	11.80556%	24.27%	15.99%	17.38%	22.50%	0.124654237	0.04182299	0.055697827	0.106966128
3	18.75000%	24.27%	15.99%	17.38%	22.50%	0.055209793	0.027621455	0.013746617	0.037521684
5	25.69444%	26.13%	23.17%	23.91%	26.82%	0.004311537	0.025271014	0.017857441	0.01129941
9	32.63889%	30.04%	35.46%	34.61%	34.76%	0.0259746	0.02825776	0.019748927	0.021201976
10	39.58333%	31.06%	38.11%	36.93%	36.60%	0.085230441	0.014688131	0.026537581	0.029788356
11	46.52778%	32.09%	40.61%	39.13%	38.40%	0.144338895	0.059166264	0.073990163	0.081300683
17	53.47222%	38.57%	52.89%	50.34%	48.14%	0.149071074	0.005780356	0.031296651	0.053316049
22	60.41667%	44.22%	60.46%	57.71%	55.07%	0.161943843	0.000383463	0.02705579	0.053449072
33	67.36111%	56.92%	71.84%	69.72%	67.23%	0.104385444	0.044741975	0.023629568	0.001285095
37	74.30556%	61.43%	74.79%	73.06%	70.79%	0.128706703	0.00488177	0.012490166	0.035198644
60	81.25000%	83.13%	85.43%	85.74%	84.90%	0.018775315	0.041800659	0.044873711	0.036499241
81	88.19444%	94.17%	90.31%	91.73%	91.73%	0.05980472	0.021151924	0.035343407	0.035397379
87	95.13889%	95.94%	91.28%	92.89%	93.04%	0.008034282	0.038631954	0.022505132	0.020973996
	max					0.167670198	0.059166264	0.073990163	0.106966128
Kolmogorov para n= 14, significancia 0.05						0.349	0.349	0.349	0.349
Diferencia con el maximo (se selecciona la mayor diferencia)						0.181329802	0.289833736	0.275009837	0.242033872

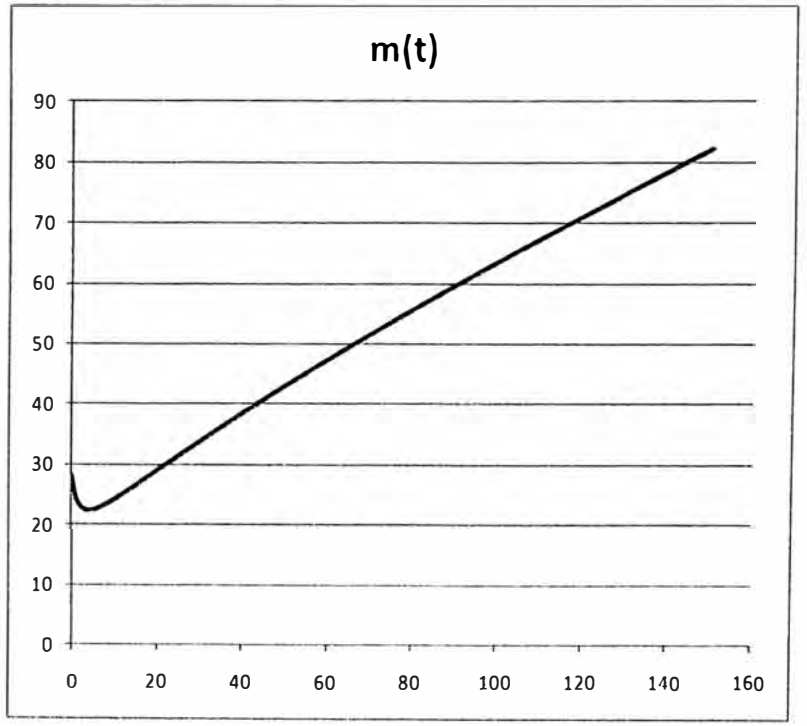
TEST DE ANDERSON - DARLING

i	Datos	F(t) real	F(t) dist nor	F(t) dist log-normal	F(t) dist weibull	F(t) dist exp	Si dist normal	Si dist log-normal	Si dist weibull	Si dist exp
1	0	4.86111%	21.63%	4.85%	4.68%	15.54%	-0.338266676	-0.390438991	-0.407564372	-0.323374882
2	3	11.80556%	24.27%	15.99%	17.38%	22.50%	-0.912618355	-0.893009812	-0.909108667	-0.853842866
3	3	18.75000%	24.27%	15.99%	17.38%	22.50%	-1.14120564	-1.342696763	-1.32058777	-1.207867472
4	5	25.69444%	26.13%	23.17%	23.91%	26.82%	-1.147538331	-1.420252021	-1.371178655	-1.273185188
5	9	32.63889%	30.04%	35.46%	34.61%	34.76%	-1.314490956	-1.480972121	-1.450115603	-1.396584824
6	10	39.58333%	31.06%	38.11%	36.93%	36.60%	-1.377385255	-1.486811949	-1.458916418	-1.418294969
7	11	46.52778%	32.09%	40.61%	39.13%	38.40%	-1.507718567	-1.535765455	-1.521310423	-1.498534781
8	17	53.47222%	38.57%	52.89%	50.34%	48.14%	-1.435570956	-1.24065049	-1.267209425	-1.302337567
9	22	60.41667%	44.22%	60.46%	57.71%	55.07%	-1.442424764	-1.193831429	-1.227204622	-1.277805489
10	33	67.36111%	56.92%	71.84%	69.72%	67.23%	-1.249582882	-1.043305402	-1.066013046	-1.118415077
11	37	74.30556%	61.43%	74.79%	73.06%	70.79%	-1.184994234	-0.830964763	-0.880759192	-0.986731895
12	60	81.25000%	83.13%	85.43%	85.74%	84.90%	-0.760319161	-0.544904329	-0.566364106	-0.687728284
13	81	88.19444%	94.17%	90.31%	91.73%	91.73%	-0.603616168	-0.493097893	-0.494992736	-0.609277397
14	87	95.13889%	95.94%	91.28%	92.89%	93.04%	-0.549890051	-0.271842833	-0.234655591	-0.464714958
							-14.96562199	-14.16854425	-14.17598063	-14.41869565
Anderson al cuadrado (se selecciona el menor)							0.965621994	0.168544251	0.175980627	0.418695648
Chequeo p-valor >0.05							NO	SI	SI	SI

FIGURA 5.13.E: GRAFICOS DE CONFIABILIDAD R(t), FRECUENCIA DE FALLOS z(t) y TIEMPO ENTRE FALLOS m(t) EN EL MODELO LOGNORMAL SELECCIONADO







DIAGNOSTICO PERIODO: INFANCIA

TABLA 5.17.A. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 4 MEDIANTE DISTRIBUCION NORMAL 2-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $F_{est}(t)$	t	$\phi_{inv}(Fest(t))$	μ (MTBF)	σ
162	15	1	0	4.54545%	0	-1.69062163	42.4	72.57352284
28		2	0	11.03896%	0	-1.224458743		
1		3	1	17.53247%	1	-0.933330503		
164		4	1	24.02597%	1	-0.705467291		
0		5	2	30.51948%	2	-0.509517392		
1		6	6	37.01299%	6	-0.331509402		
30		7	10	43.50649%	10	-0.163493526		
17		8	17	50.00000%	17	-1.39214E-16		
104		9	20	56.49351%	20	0.163493526		
20		10	28	62.98701%	28	0.331509402		
91		11	30	69.48052%	30	0.509517392		
0		12	91	75.97403%	91	0.705467291		
2		13	104	82.46753%	104	0.933330503		
10		14	162	88.96104%	162	1.224458743		
6		15	164	95.45455%	164	1.69062163		

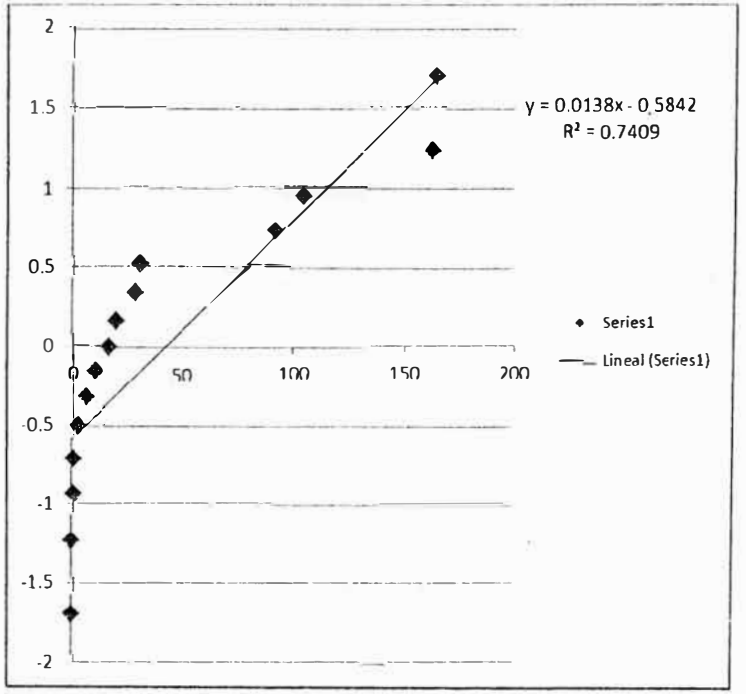


FIGURA 5.14.A: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL t vs φinvFest(t)

TABLA 5.17.B. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 4 MEDIANTE DISTRIBUCION LOG NOR 3-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	PARAMETRO γ A ITERAR	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $F_{est}(t)$	ln(t-γ)	φinv(Fest(t))	γ	m	σ
162	15	-0.6	1	0	4.54545%	-0.510825624	-1.69062163	-0.6	2.476784941	2.136237639
28			2	0	11.03896%	-0.510825624	-1.224458743			
1			3	1	17.53247%	0.470003629	-0.933330503			
164			4	1	24.02597%	0.470003629	-0.705467291			
0			5	2	30.51948%	0.955511445	-0.509517392			
1			6	6	37.01299%	1.887069649	-0.331509402			
30			7	10	43.50649%	2.360854001	-0.163493526			
17			8	17	50.00000%	2.867898902	-1.39214E-16			
104			9	20	56.49351%	3.025291076	0.163493526			
20			10	28	62.98701%	3.353406718	0.331509402			
91			11	30	69.48052%	3.421000009	0.509517392			
0			12	91	75.97403%	4.517431272	0.705467291			
2			13	104	82.46753%	4.650143552	0.933330503			
10			14	162	88.96104%	5.091293197	1.224458743			
6			15	164	95.45455%	5.103518288	1.69062163			

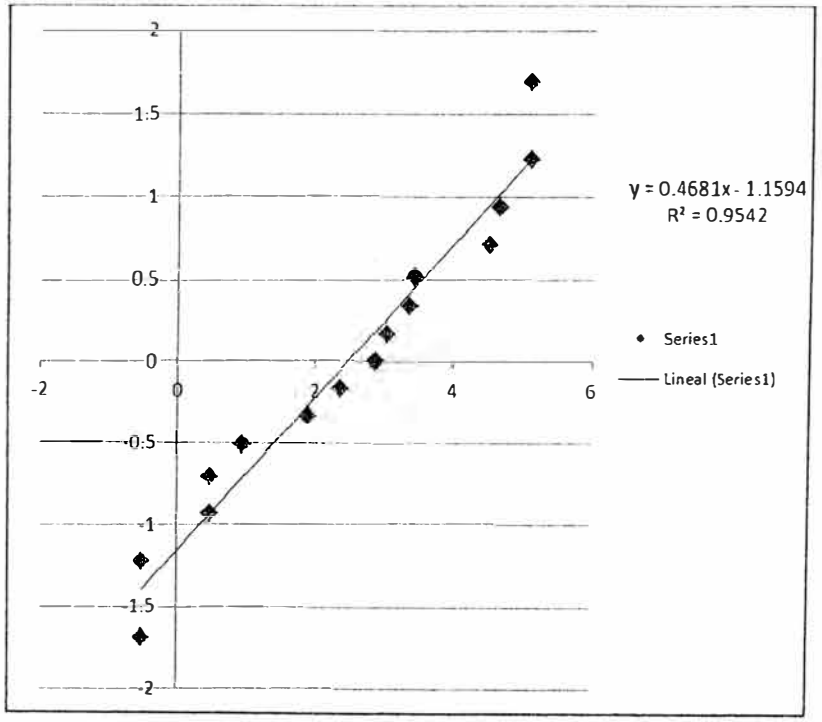


FIGURA 5.14.B: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL ln(t-γ) vs φinvFest(t)

TABLA 5.17.C. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 4 MEDIANTE DISTRIBUCION WEIBULL 3-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL O ABACO DE KAO

DATOS	MUESTRA (n)	PARAMETRO γ A ITERAR	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%) F(t)	ln(t-γ)	ln ln (1/(1-Fest(t)))	β	η	γ	μ (MTBF)	σ
162	15	-0.09	1	0	4.54545%	-2.407945609	-3.067872615	0.456474711	27.61037313	-0.09	66.21894985	169.151662
28			2	0	11.03896%	-2.407945609	-2.145823454					
1			3	1	17.53247%	0.086177696	-1.646280772					
164			4	1	24.02597%	0.086177696	-1.29178935					
0			5	2	30.51948%	0.737164066	-1.010261447					
1			6	6	37.01299%	1.806648082	-0.771667529					
30			7	10	43.50649%	2.311544834	-0.560288167					
17			8	17	50.00000%	2.838493497	-0.366512921					
104			9	20	56.49351%	3.000222179	-0.183610407					
20			10	28	62.98701%	3.335413641	-0.006117338					
91			11	30	69.48052%	3.404192891	0.171264823					
0			12	91	75.97403%	4.511848029	0.354897648					
2			13	104	82.46753%	4.64525591	0.554526136					
10			14	162	88.96104%	5.088151737	0.79015558					
6			15	164	95.45455%	5.100415058	1.128508398					

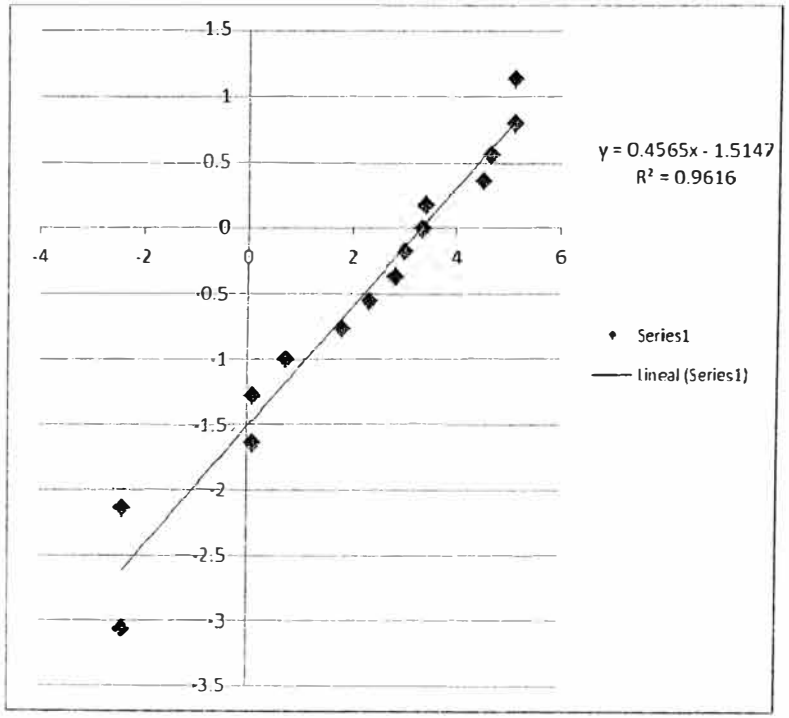


FIGURA 5.14.C: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL

ln(t-γ) vs ln ln (1/(1-Fest(t)))

TABLA 5.17.D. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 4 MEDIANTE DISTRIBUCION EXPONENCIAL 2-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $F_{est}(t)$	t	ln (1/(1-Fest(t))	λ	γ	μ (MTBF)	σ
162	15	1	0	4.55%	0	0.046520016	0.01411288	-24.66162984	70.85725762	70.85725762
28		2	0	11.04%	0	0.116971677				
1		3	1	17.53%	1	0.192765516				
164		4	1	24.03%	1	0.274778668				
0		5	2	30.52%	2	0.364123768				
1		6	6	37.01%	6	0.462241624				
30		7	10	43.51%	10	0.571044484				
17		8	17	50.00%	17	0.693147181				
104		9	20	56.49%	20	0.832259983				
20		10	28	62.99%	28	0.993901335				
91		11	30	69.48%	30	1.186805001				
0		12	91	75.97%	91	1.42603469				
2		13	104	82.47%	104	1.741115736				
10		14	162	88.96%	162	2.203739258				
6		15	164	95.45%	164	3.091042453				

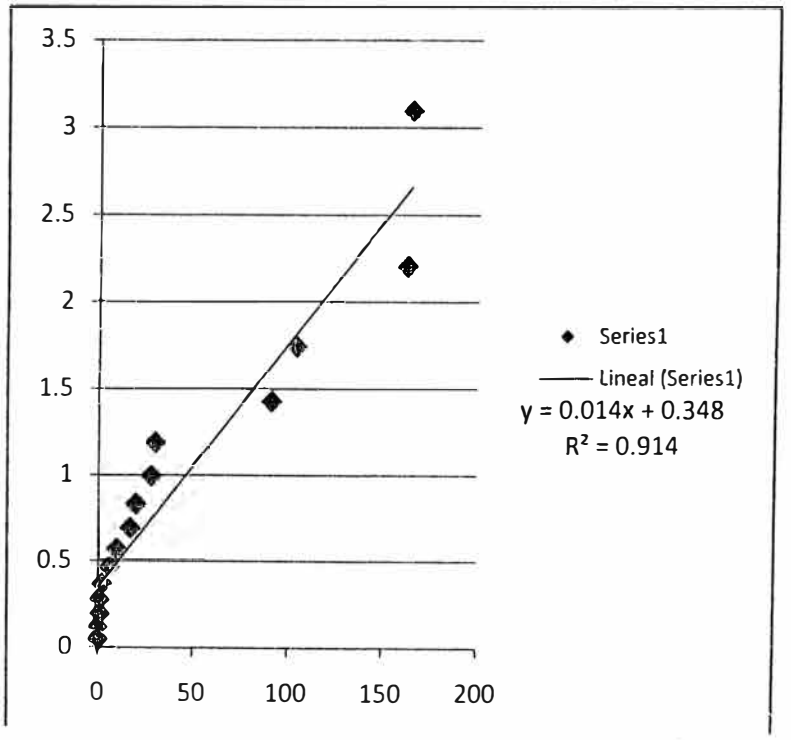


FIGURA 5.14.D: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL t vs ln ln (1/(1-Fest(t)))

TABLA 5.17.E. PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE A LOS MODELOS ESTADISTICOS DEL MOLINO 4 PARA SELECCIONAR EL MAS ADECUADO

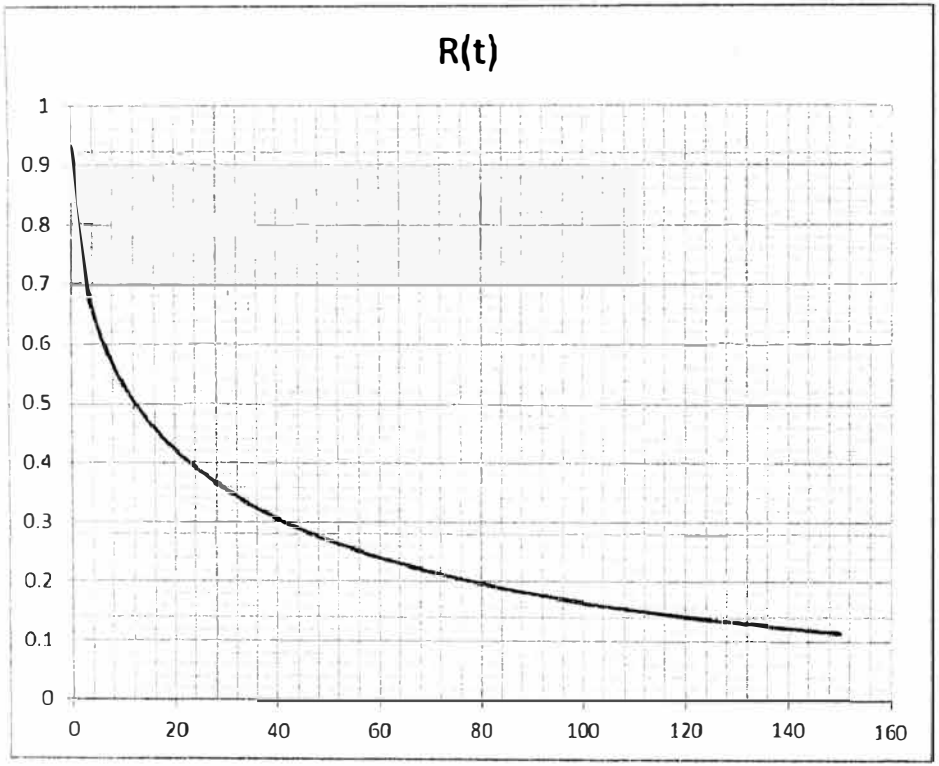
TEST DE KOLMOGOROV - SMIRNOF

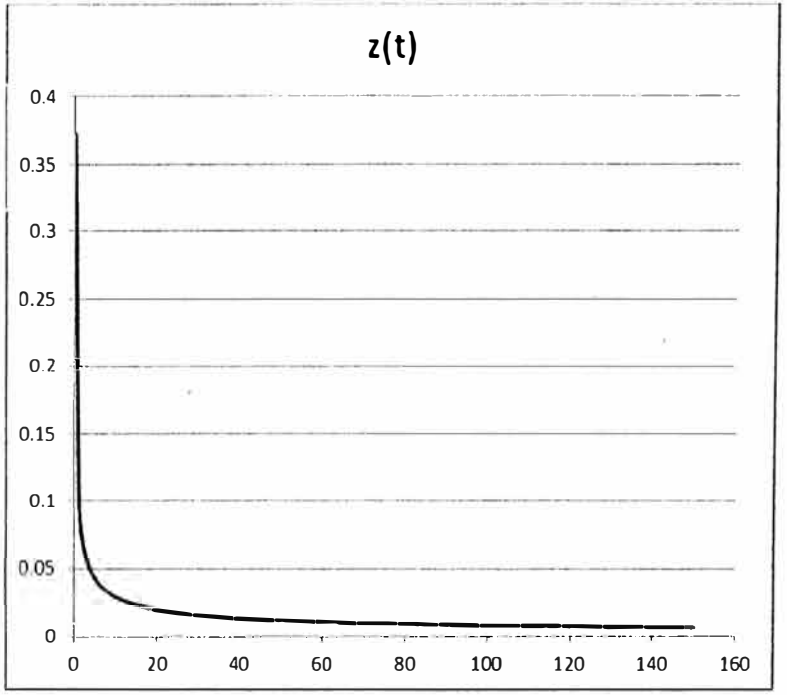
Datos	F(t) real	F(t) dist normal	F(t) dist log-normal	F(t) dist weibull	F(t) dist exp	Discrepancia dist normal	Discrepancia dist log-normal	Discrepancia dist weibull	Discrepancia dist exp
0	4.54545%	27.95%	8.10%	7.06%	29.39%	0.234076526	0.035521166	0.025179734	0.248479504
0	11.03896%	27.95%	8.10%	7.06%	29.39%	0.169141461	0.029413899	0.039755331	0.183544439
1	17.53247%	28.42%	17.38%	20.44%	30.38%	0.10885956	0.00156193	0.029110266	0.128504013
1	24.02597%	28.42%	17.38%	20.44%	30.38%	0.043924495	0.066496995	0.035824799	0.063568948
2	30.51948%	28.89%	23.82%	26.50%	31.36%	0.016320686	0.067001881	0.040227416	0.008389862
6	37.01299%	30.80%	39.13%	39.44%	35.13%	0.062141455	0.021123722	0.024300312	0.018869445
10	43.50649%	32.76%	47.84%	46.83%	38.69%	0.107426588	0.043295589	0.033191449	0.048196688
17	50.00000%	36.32%	57.26%	55.22%	44.45%	0.136826861	0.072634501	0.052171887	0.055456157
20	56.49351%	37.88%	60.13%	57.89%	46.76%	0.186142129	0.03638395	0.013969969	0.097364855
28	62.98701%	42.14%	65.92%	63.50%	52.44%	0.208511687	0.029358121	0.005142466	0.105456258
30	69.48052%	43.22%	67.08%	64.66%	53.76%	0.262638746	0.024050131	0.048246376	0.157155221
91	75.97403%	74.85%	83.03%	82.17%	80.45%	0.011275716	0.070534727	0.061978165	0.044783951
104	82.46753%	80.20%	84.55%	84.00%	83.73%	0.022673177	0.020837568	0.01533808	0.012614738
162	88.96104%	95.03%	88.95%	89.39%	92.82%	0.060711627	0.00010828	0.004280429	0.038622807
164	95.45455%	95.31%	89.06%	89.52%	93.02%	0.001459404	0.063967556	0.059326792	0.024314907
	max					0.262638746	0.072634501	0.061978165	0.248479504
Kolmogorov para n=15, significancia 0.05						0.338	0.338	0.338	0.338
Diferencia con el maximo (se selecciona la mayor diferencia)						0.075361254	0.265365499	0.276021835	0.089520496

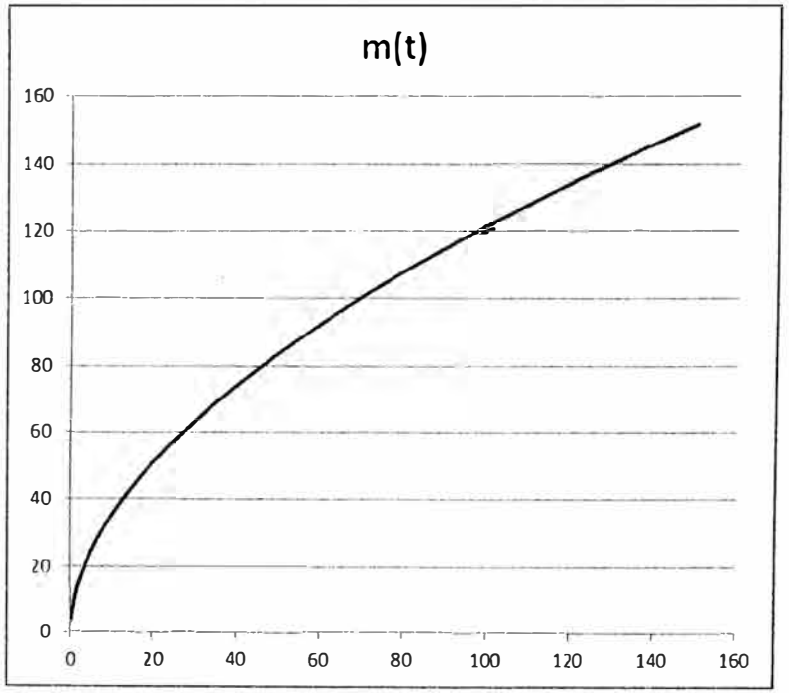
TEST DE ANDERSON - DARLING

i	Datos	F(t) real	F(t) dist nor	F(t) dist log-normal	F(t) dist weibull	F(t) dist exp	SI dist normal	Si dist log-normal	SI dist weibull	SI dIst exp
1	0	4.54545%	27.95%	8.10%	7.06%	29.39%	-0.288938803	-0.315076561	-0.32707462	-0.259130591
2	0	11.03896%	27.95%	8.10%	7.06%	29.39%	-0.855367051	-0.943272977	-0.978705282	-0.771746622
3	1	17.53247%	28.42%	17.38%	20.44%	30.38%	-0.959210543	-1.205903025	-1.140056911	-1.00235915
4	1	24.02597%	28.42%	17.38%	20.44%	30.38%	-1.231208465	-1.64436541	-1.545551741	-1.317684669
5	2	30.51948%	28.89%	23.82%	26.50%	31.36%	-1.084614725	-1.527376588	-1.420912031	-1.158671357
6	6	37.01299%	30.80%	39.13%	39.44%	35.13%	-1.264827794	-1.477623941	-1.42135075	-1.312252085
7	10	43.50649%	32.76%	47.84%	46.83%	38.69%	-1.379677604	-1.436053072	-1.407151375	-1.369311952
8	17	50.00000%	36.32%	57.26%	55.22%	44.45%	-1.464133056	-1.407623297	-1.397241688	-1.398672193
9	20	56.49351%	37.88%	60.13%	57.89%	46.76%	-1.550087737	-1.313996037	-1.335305418	-1.415965355
10	28	62.98701%	42.14%	65.92%	63.50%	52.44%	-1.561070379	-1.156516005	-1.21054809	-1.365717452
11	30	69.48052%	43.22%	67.08%	64.66%	53.76%	-1.651790397	-0.939978448	-1.041504123	-1.3955479
12	91	75.97403%	74.85%	83.03%	82.17%	80.45%	-0.956897986	-0.577869843	-0.651758885	-0.888817721
13	104	82.46753%	80.20%	84.55%	84.00%	83.73%	-0.924960752	-0.597808627	-0.671733468	-0.899573717
14	162	88.96104%	95.03%	88.95%	89.39%	92.82%	-0.681853279	-0.362765029	-0.333764252	-0.760534057
15	164	95.45455%	95.31%	89.06%	89.52%	93.02%	-0.726745945	-0.387299699	-0.355617761	-0.812714278
							-16.58138451	-15.29352856	-15.2382764	-16.1286991
Anderson al cuadrado (se selecciona el menor)							1.581384515	0.293528559	0.238276395	1.128 6991
Chequeo p-valor >0.05							NO	SI	SI	NO

FIGURA 5.14.E: GRAFICOS DE CONFIABILIDAD R(t), FRECUENCIA DE FALLOS z(t) y TIEMPO ENTRE FALLOS m(t) EN EL MODELO WEIBULL SELECCIONADO







DIAGNOSTICO PERIODO: INFANCIA

TABLA 5.18.A. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 5 MEDIANTE DISTRIBUCION NORMAL 2-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $F_{est}(t)$	t	$\phi_{inv}(F_{est}(t))$	μ (MTBF)	σ
28	11	1	0	6.14035%	0	-1.543097927	38.45454545	51.54929977
52		2	2	14.91228%	2	-1.040202966		
132		3	3	23.68421%	3	-0.7164975		
7		4	7	32.45614%	7	-0.45498114		
53		5	12	41.22807%	12	-0.221682051		
12		6	28	50.00000%	28	-1.39214E-16		
101		7	33	58.77193%	33	0.221682051		
0		8	52	67.54386%	52	0.45498114		
2		9	53	76.31579%	53	0.7164975		
33		10	101	85.08772%	101	1.040202966		
3		11	132	93.85965%	132	1.543097927		

FIGURA 5.15.A: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL t vs φinvFest(t)

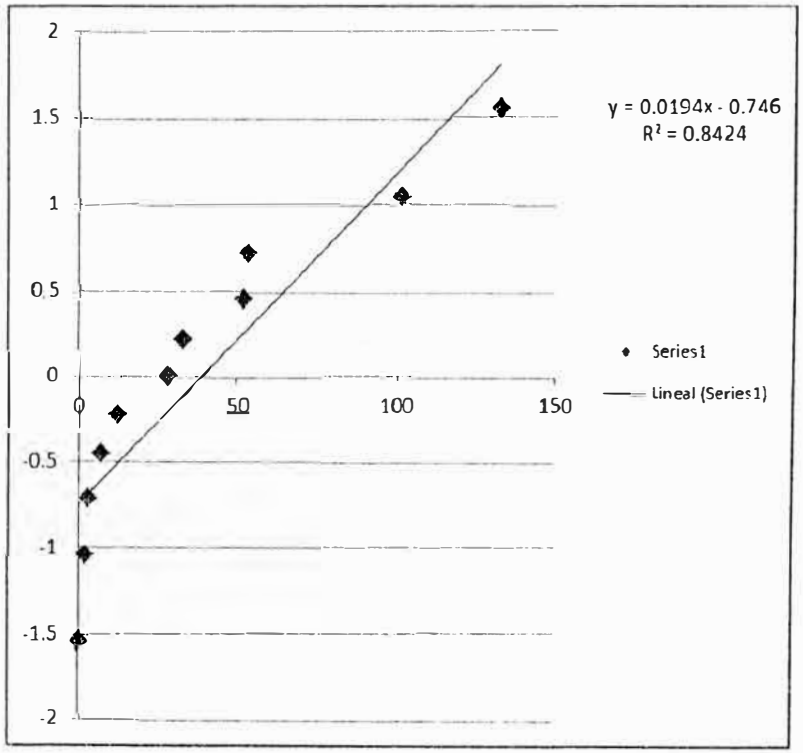


TABLA 5.18.B. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 5 MEDIANTE DISTRIBUCION LOG NOR 3-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	PARAMETRO γ A ITERAR	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $\phi_{est}(t)$	ln(t-γ)	ϕ_{inv}(Fest(t))	γ	μ (MTBF)	σ
28	11	-2.86	1	0	6.14035%	1.050821625	-1.543097927	-2.86	3.088287843	1.428259296
52			2	2	14.91228%	1.581038438	-1.040202966			
132			3	3	23.68421%	1.768149604	-0.7164975			
7			4	7	32.45614%	2.288486169	-0.45498114			
53			5	12	41.22807%	2.698673039	-0.221682051			
12			6	28	50.00000%	3.429460847	-1.39214E-16			
101			7	33	58.77193%	3.579622468	0.221682051			
0			8	52	67.54386%	4.004784486	0.45498114			
2			9	53	76.31579%	4.022848561	0.7164975			
33			10	101	85.08772%	4.643043838	1.040202966			
3			11	132	93.85965%	4.904237203	1.543097927			

FIGURA 5.15.B: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL ln(t-γ) vs φinvFest(t)

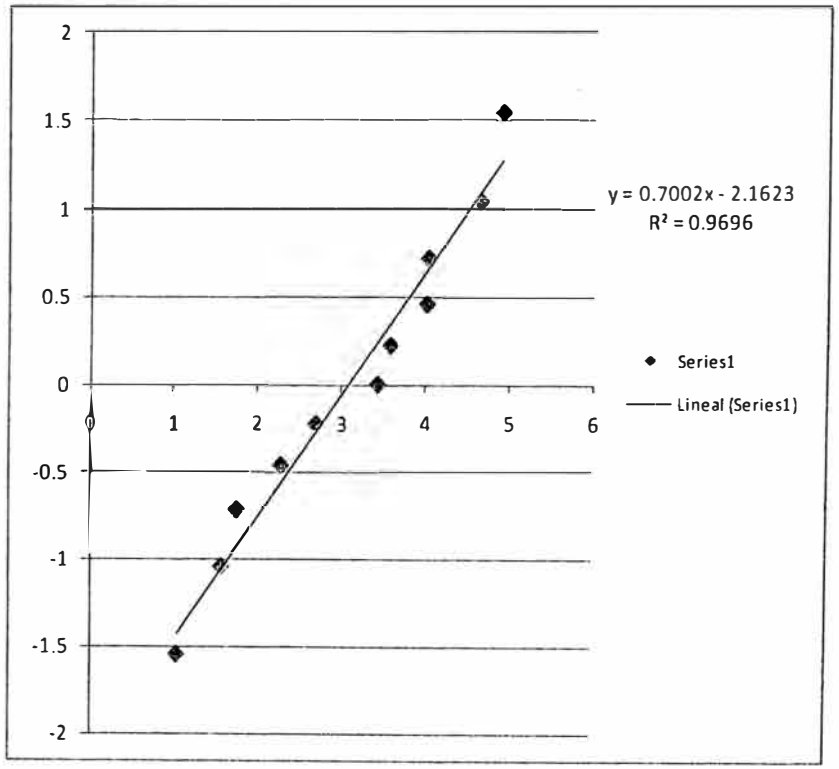


TABLA 5.18.C. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 5 MEDIANTE DISTRIBUCION WEIBULL 3-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	PARAMETRO γ A ITERAR	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $F_{est}(t)$	ln(t-γ)	ln ln (1/(1-Fest(t)))	β	η	γ	μ (MTBF)	σ
28	11	-0.49	1	0	6.14035%	-0.713349888	-2.758770808	0.642466574	35.65036761	-0.49	48.86046698	79.80608384
52			2	2	14.91228%	0.91228271	-1.823327725					
132			3	3	23.68421%	1.249901736	-1.308258602					
7			4	7	32.45614%	2.013568798	-0.935491323					
53			5	12	41.22807%	2.524928324	-0.632041114					
12			6	28	50.00000%	3.349553149	-0.366512921					
101			7	33	58.77193%	3.511246887	-0.120980941					
0			8	52	67.54386%	3.960622675	0.11803237					
2			9	53	76.31579%	3.979494721	0.364894181					
33			10	101	85.08772%	4.619960271	0.643423761					
3			11	132	93.85965%	4.886507171	1.026144924					

FIGURA 5.15.C: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL

ln(t-γ) vs ln ln (1/(1-Fest(t)))

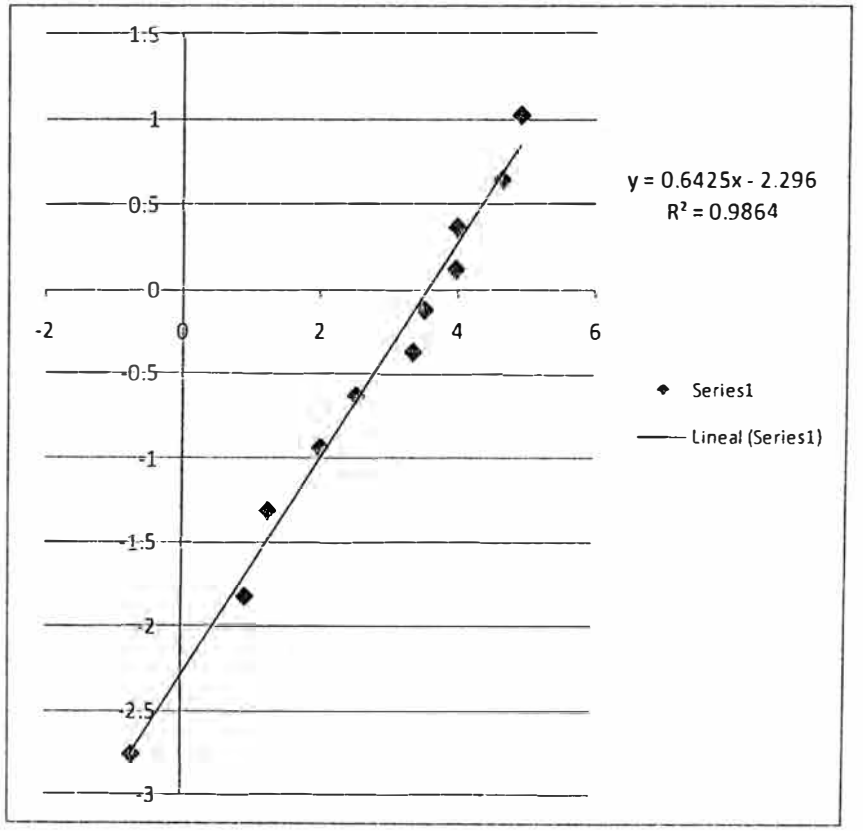


TABLA 5.18.D. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 5 MEDIANTE DISTRIBUCION EXPONENCIAL 2-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $F_{est}(t)$	t	ln (1/(1-Fest(t))	λ	γ	μ (MTBF)	σ
28	11	1	0	6.14%	0	0.063369614	0.01411288	-24.66162984	70.85725762	70.85725762
52		2	2	14.91%	2	0.16148747				
132		3	3	23.68%	3	0.27029033				
7		4	7	32.46%	7	0.392393027				
53		5	12	41.23%	12	0.531505829				
12		6	28	50.00%	28	0.693147181				
101		7	33	58.77%	33	0.886050847				
0		8	52	67.54%	52	1.125280536				
2		9	53	76.32%	53	1.440361582				
33		10	101	85.09%	101	1.902985104				
3		11	132	93.86%	132	2.790288299				

FIGURA 5.15.D: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL t vs ln ln (1/(1-Fest(t)))

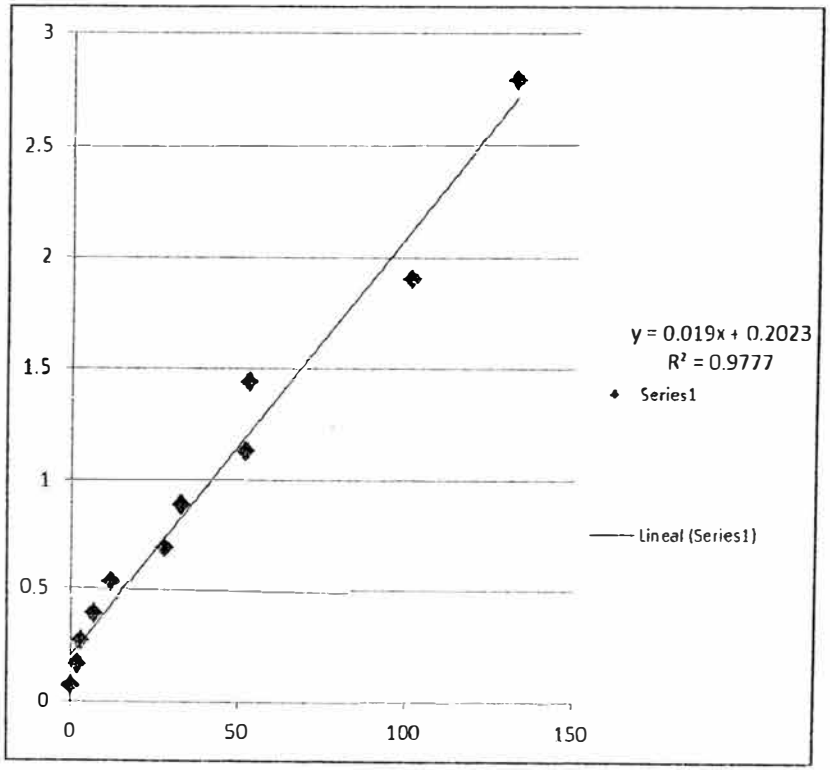


TABLA 5.18.E. PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE A LOS MODELOS ESTADISTICOS DEL MOLINO 5 PARA SELECCIONAR EL MAS ADECUADO

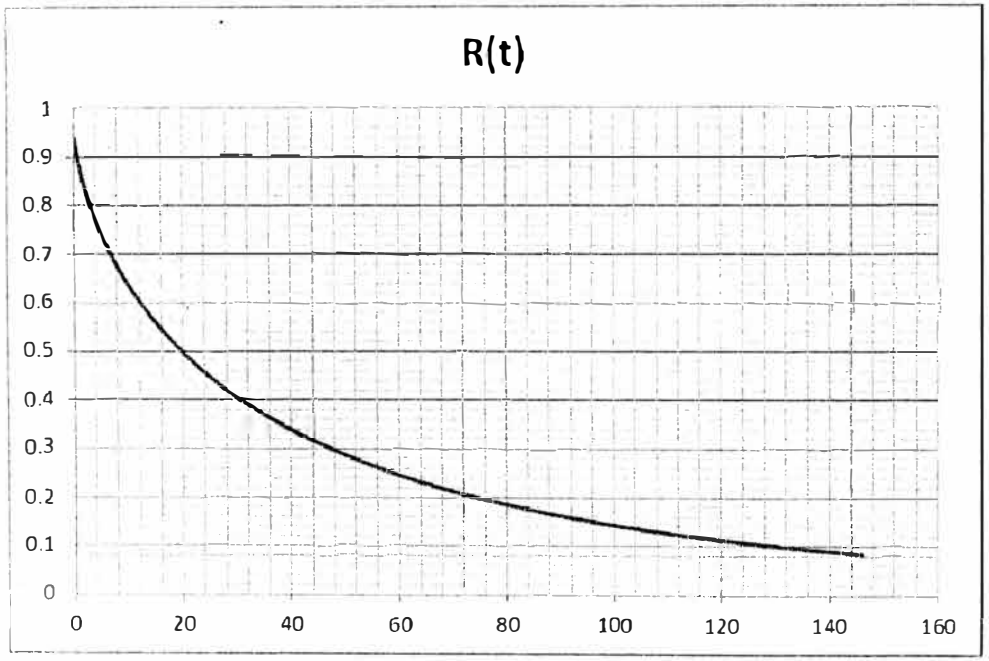
TEST DE KOLMOGOROV - SMIRNOF

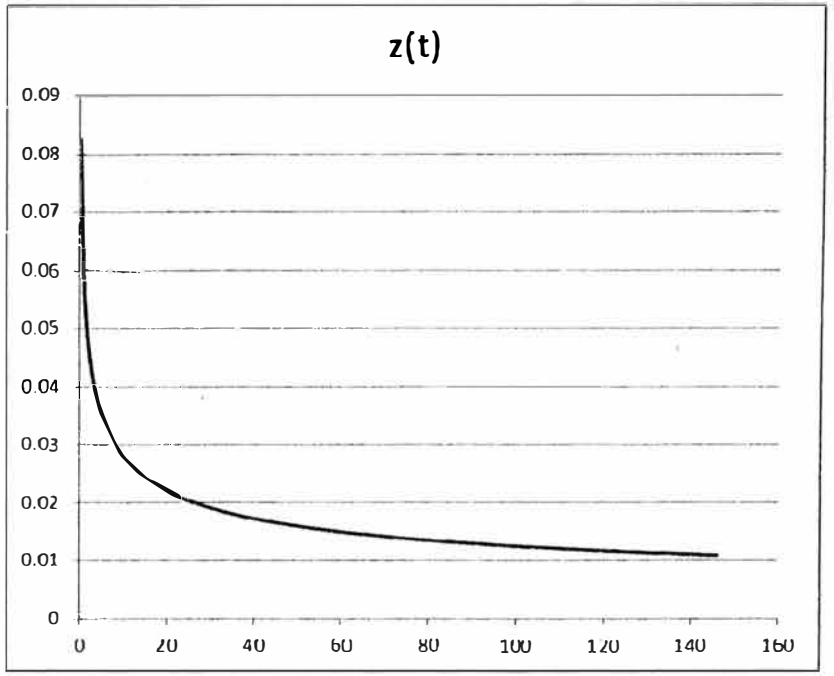
Datos	F(t) real	F(t) dist normal	F(t) dist log-normal	F(t) dist weibull	F(t) dist exp	Discrepancia dist normal	Discrepancia dist log-normal	Discrepancia dist weibull	Discrepancia dist exp
0	6.14035%	22.78%	7.69%	6.17%	29.39%	0.166437418	0.015453038	0.000265014	0.232530541
2	14.91228%	23.97%	14.56%	16.55%	31.36%	0.090605038	0.003479916	0.016343447	0.16446186
3	23.68421%	24.58%	17.77%	20.12%	32.32%	0.008953756	0.059176701	0.035600034	0.086361822
7	32.45614%	27.09%	28.77%	30.72%	36.04%	0.05369136	0.036816066	0.01736518	0.035790302
12	41.22807%	30.39%	39.25%	39.94%	40.39%	0.108371222	0.019773365	0.012927671	0.008348301
28	50.00000%	41.96%	59.44%	57.93%	52.44%	0.080356955	0.094398083	0.079305656	0.024413872
33	58.77193%	45.79%	63.46%	61.73%	55.68%	0.129853625	0.046861094	0.02963033	0.030902661
52	67.54386%	60.36%	73.95%	72.26%	66.11%	0.071803685	0.064023465	0.047124204	0.014383941
53	76.31579%	61.11%	74.36%	72.69%	66.58%	0.152066047	0.019605744	0.036289627	0.09735334
101	85.08772%	88.75%	86.18%	85.89%	83.03%	0.03661779	0.010950378	0.0080447	0.020623962
132	93.85965%	96.52%	89.82%	90.21%	89.04%	0.026616916	0.040382153	0.036453501	0.04819332
	max					0.166437418	0.094398083	0.079305656	0.232530541
Kolmogorov para n=11, significancia 0.05						0.391	0.391	0.391	0.391
Diferencia con el maximo (se selecciona la mayor diferencia)						0.224562582	0.296601917	0.311694344	0.158469459

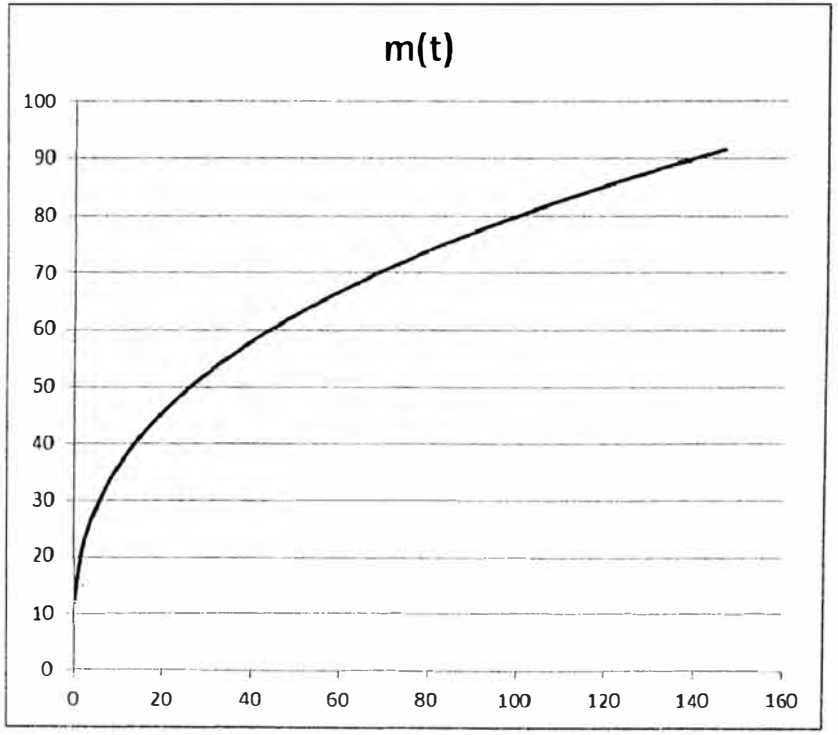
TEST DE ANDERSON - DARLING

i	Datos	F(t) real	F(t) dist nor	F(t) dist log-normal	F(t) dist weibull	F(t) dist exp	Si dist normal	Si dist log-normal	Si dist weibull	Si dist exp
1	0	6.14035%	22.78%	7.69%	6.17%	29.39%	-0.439784619	-0.538966739	-0.567803289	-0.381705189
2	2	14.91228%	23.97%	14.56%	16.55%	31.36%	-0.985365938	-1.065231953	-1.024753527	-0.799945482
3	3	23.68421%	24.58%	17.77%	20.12%	32.32%	-1.067120907	-1.403946909	-1.318658104	-1.011591406
4	7	32.45614%	27.09%	28.77%	30.72%	36.04%	-1.420068152	-1.648618507	-1.567000431	-1.338012565
5	12	41.22807%	30.39%	39.25%	39.94%	40.39%	-1.475400158	-1.588834656	-1.53698976	-1.407501348
6	28	50.00000%	41.96%	59.44%	57.93%	52.44%	-1.412462747	-1.422589111	-1.41177377	-1.388681356
7	33	58.77193%	45.79%	63.46%	61.73%	55.68%	-1.351355904	-1.126516748	-1.17244362	-1.303451483
8	52	67.54386%	60.36%	73.95%	72.26%	66.11%	-1.119121379	-0.874298265	-0.943581018	-1.173757569
9	53	76.31579%	61.11%	74.36%	72.69%	66.58%	-1.197109422	-0.760246629	-0.840275017	-1.231950415
10	101	85.08772%	88.75%	86.18%	85.89%	83.03%	-0.67956302	-0.528728673	-0.575111669	-0.971240133
11	132	93.85965%	96.52%	89.82%	90.21%	89.04%	-0.561216891	-0.357605547	-0.318119933	-0.886061684
							-11.70856914	-11.31558374	-11.27651014	-11.89389863
Anderson al cuadrado (se selecciona el menor)							0.708569138	0.315583738	0.276510137	0.89389863
Chequeo p-valor >0.05							SI	SI	SI	SI

FIGURA 5.15.E: GRAFICOS DE CONFIABILIDAD R(t), FRECUENCIA DE FALLOS z(t) y TIEMPO ENTRE FALLOS m(t) EN EL MODELO WEIBULL SELECCIONADO







DIAGNOSTICO PERIODO: INFANCIA

TABLA 5.19.A. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 6 MEDIANTE DISTRIBUCION NORMAL 3-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $\hat{F}est(t)$	t	$\phi inv(\hat{F}est(t))$	μ (MTBF)	σ
0	10	1	0	6.73077%	0	-1.496146876	67.2	230.0451871
0		2	0	16.34615%	0	-0.980330352		
144		3	0	25.96154%	0	-0.644531606		
0		4	0	35.57692%	0	-0.369790678		
0		5	2	45.19231%	2	-0.120804162		
2		6	2	54.80769%	2	0.120804162		
2		7	24	64.42308%	24	0.369790678		
474		8	26	74.03846%	26	0.644531606		
26		9	144	83.65385%	144	0.980330352		
24		10	474	93.26923%	474	1.496146876		

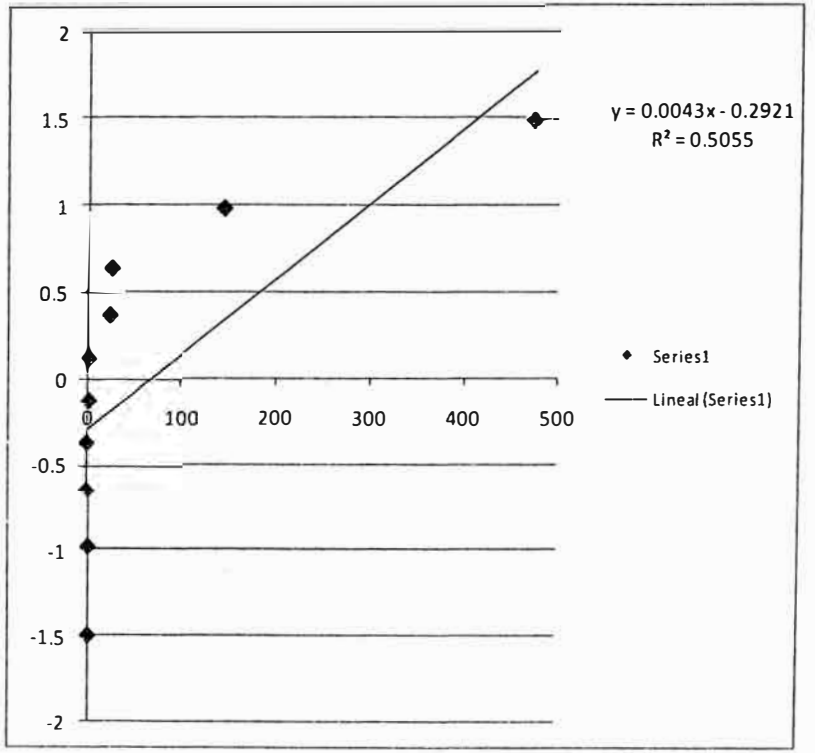


FIGURA 5.16.A: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL t vs φinvFest(t)

TABLA 5.19.B. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 6 MEDIANTE DISTRIBUCION LOG NOR 3-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	PARAMETRO γ A ITERAR	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $F_{est}(t)$	ln(t-γ)	φinv(Fest(t))	γ	M	σ
0	10	-0.1	1	0	6.73077%	-2.302585093	-1.496146876	-0.1	0.984960725	3.779996899
0			2	0	16.34615%	-2.302585093	-0.980330352			
144			3	0	25.96154%	-2.302585093	-0.644531606			
0			4	0	35.57692%	-2.302585093	-0.369790678			
0			5	2	45.19231%	0.741937345	-0.120804162			
2			6	2	54.80769%	0.741937345	0.120804162			
2			7	24	64.42308%	3.18221184	0.369790678			
474			8	26	74.03846%	3.261935314	0.644531606			
26			9	144	83.65385%	4.970507503	0.980330352			
24			10	474	93.26923%	6.16141827	1.496146876			

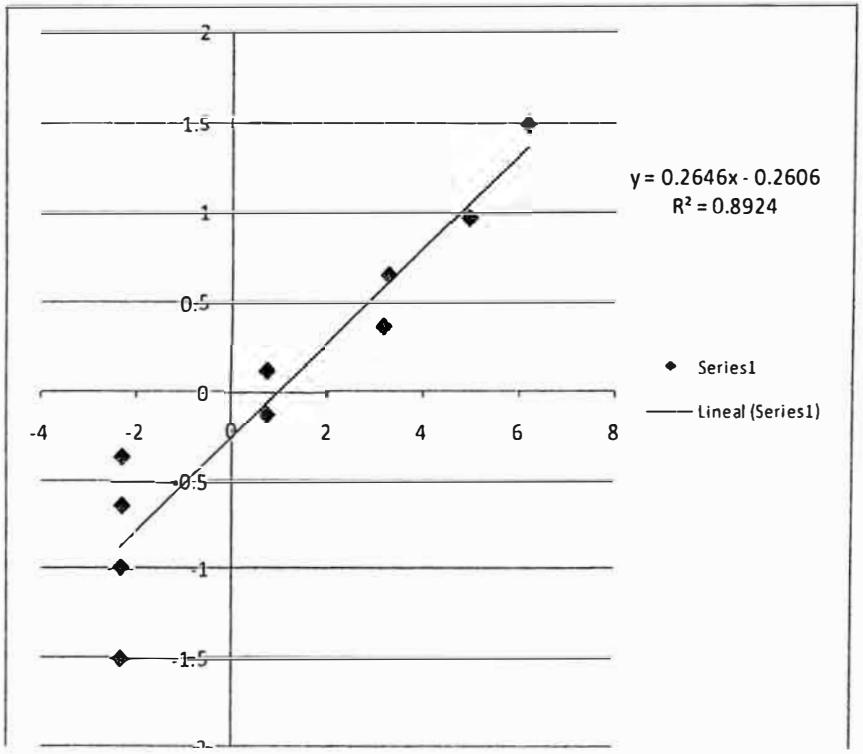


FIGURA 5.16.B: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL ln(t-γ) vs φinvFest(t)

TABLA 5.19.C. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 6 MEDIANTE DISTRIBUCION WEIBULL 3-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	PARAMETRO γ A ITERAR	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $F_{est}(t)$	ln(t-γ)	ln ln (1/(1-Fest(t)))	β	η	γ	μ (MTBF)	σ
0	10	-0.014	1	0	6.73077%	-4.268697949	-2.663843085	0.242118012	10.48513735	-0.014	306.7239815	2770.798826
0			2	0	16.34615%	-4.268697949	-1.72326315					
144			3	0	25.96154%	-4.268697949	-1.202023115					
0			4	0	35.57692%	-4.268697949	-0.821666515					
0			5	2	45.19231%	0.700122794	-0.508595394					
2			6	2	54.80769%	0.700122794	-0.230365445					
2			7	24	64.42308%	3.178636994	0.032924962					
474			8	26	74.03846%	3.258634855	0.299032932					
26			9	144	83.65385%	4.969910517	0.593977217					
24			10	474	93.26923%	6.161236857	0.992688929					

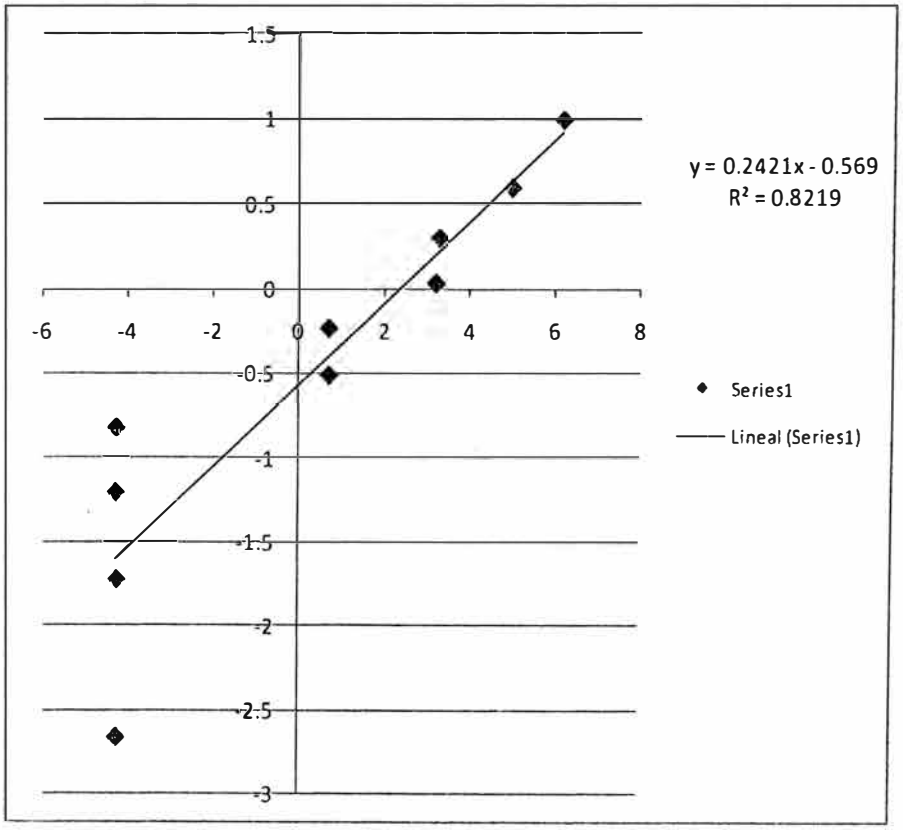


FIGURA 5.16.C: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL

ln(t-γ) vs ln ln (1/(1-Fest(t)))

TABLA 5.19.D. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 6 MEDIANTE DISTRIBUCION EXPONENCIAL 2-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $F_{est}(t)$	t	ln (1/(1-Fest(t))	λ	γ	μ (MTBF)	σ
0	10	1	0	6.73%	0	0.069679921	0.004859316	-123.6851778	205.7902639	205.7902639
0		2	0	16.35%	0	0.17848278				
144		3	0	25.96%	0	0.300585477				
0		4	0	35.58%	0	0.43969828				
0		5	2	45.19%	2	0.601339631				
2		6	2	54.81%	2	0.794243297				
2		7	24	64.42%	24	1.033472986				
474		8	26	74.04%	26	1.348554033				
26		9	144	83.65%	144	1.811177555				
24		10	474	93.27%	474	2.69848075				

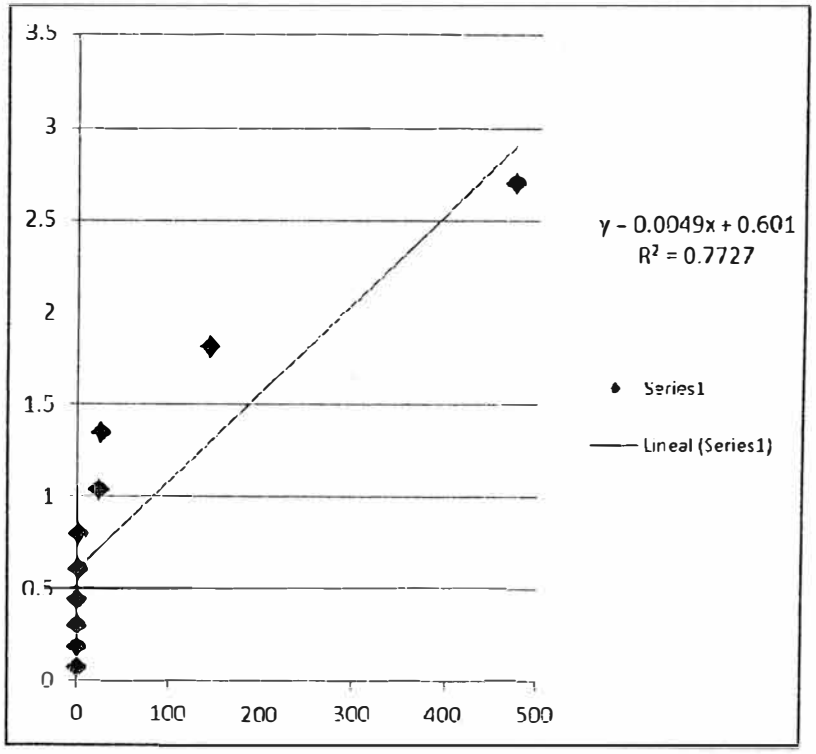


FIGURA 5.16.D: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL t vs ln ln (1/(1-Fest(t)))

TABLA 5.18.E. PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE A LOS MODELOS ESTADISTICOS DEL MOLINO 6 PARA SELECCIONAR EL MAS ADECUADO

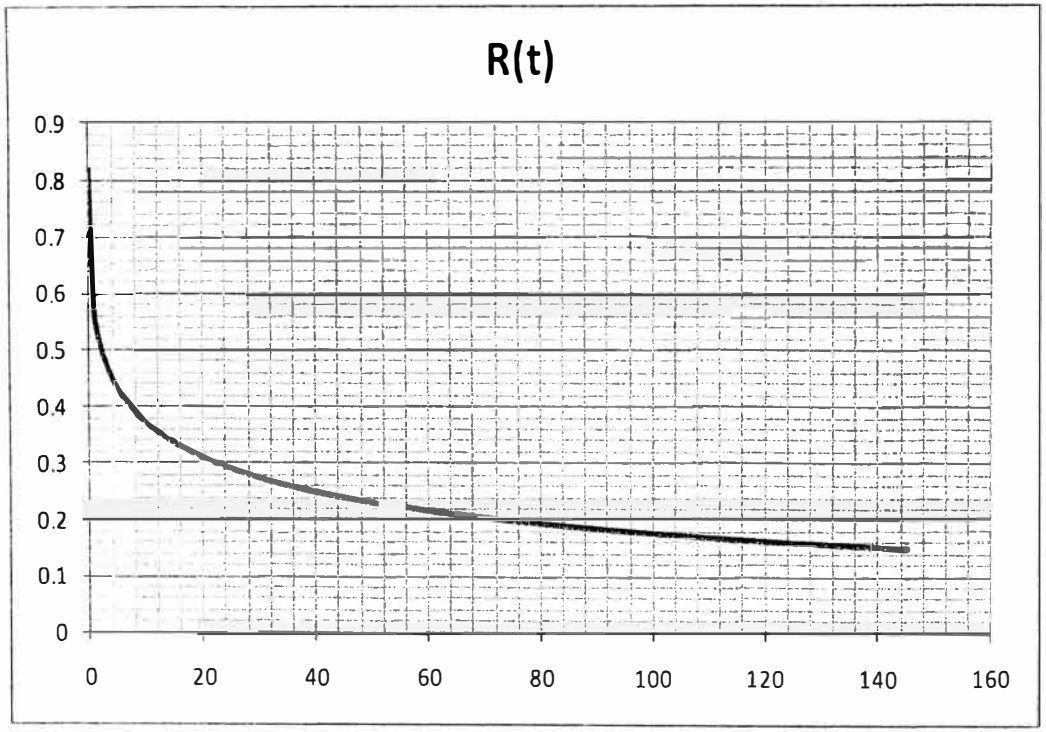
TEST DE KOLMOGOROV - SMIRNOF

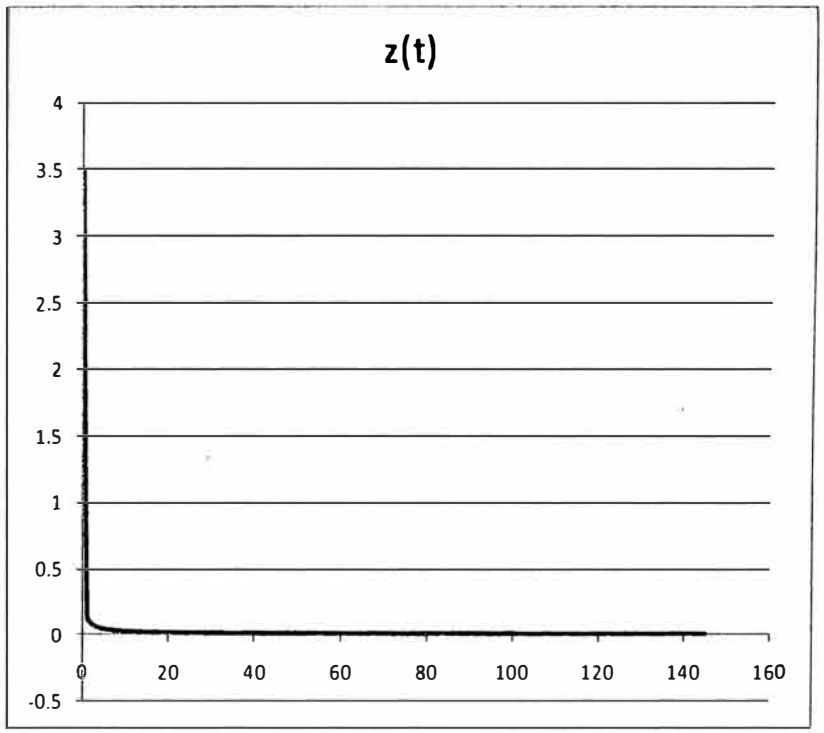
Datos	F(t) real	F(t) dist normal	F(t) dist log-normal	F(t) dist weibull	F(t) dist exp	Discrepancia dist normal	Discrepancia dist log-normal	Discrepancia dist weibull	Discrepancia dist exp
0	6.73077%	38.51%	19.22%	18.24%	45.18%	0.317791075	0.124918528	0.115101426	0.38444314
0	16.34615%	38.51%	19.22%	18.24%	45.18%	0.221637229	0.028764681	0.01894758	0.288289294
0	25.96154%	38.51%	19.22%	18.24%	45.18%	0.125483383	0.067389165	0.077206266	0.192135448
0	35.57692%	38.51%	19.22%	18.24%	45.18%	0.029329536	0.163543011	0.173360113	0.095981602
2	45.19231%	38.84%	47.44%	48.86%	45.71%	0.063496615	0.022445804	0.036718984	0.00513018
2	54.80769%	38.84%	47.44%	48.86%	45.71%	0.159650462	0.073708042	0.059434862	0.091023666
24	64.42308%	42.55%	71.95%	70.54%	51.21%	0.218709815	0.075244646	0.061182604	0.132128724
26	74.03846%	42.89%	72.65%	71.24%	51.68%	0.311453159	0.013846981	0.028013201	0.223563836
144	83.65385%	63.08%	85.41%	84.83%	72.77%	0.205785798	0.017606666	0.01174971	0.108861311
474	93.26923%	96.15%	91.46%	91.92%	94.52%	0.02880634	0.018124081	0.013452299	0.012522831
	max					0.317791075	0.163543011	0.173360113	0.38444314
Kolmogorov para n=10, significancia 0.05						0.391	0.391	0.391	0.391
Diferencia con el maximo (se selecciona la mayor diferencia)						0.073208925	0.227456989	0.217639887	0.00655686

TEST DE ANDERSON - DARLING

i	Datos	F(t) real	F(t) dist nor	F(t) dist log-normal	F(t) dist weibull	F(t) dist exp	Si dist normal	Si dist log-normal	Si dist weibull	Si dist exp
1	0	6.73077%	38.51%	19.22%	18.24%	45.18%	-0.421131734	-0.410911956	-0.42177768	-0.369896588
2	0	16.34615%	38.51%	19.22%	18.24%	45.18%	-0.585163203	-1.072267665	-1.07618269	-0.628617443
3	0	25.96154%	38.51%	19.22%	18.24%	45.18%	-0.757250737	-1.472836821	-1.473794238	-0.760996071
4	0	35.57692%	38.51%	19.22%	18.24%	45.18%	-1.055982967	-2.044123398	-2.046579768	-1.058591457
5	2	45.19231%	38.84%	47.44%	48.86%	45.71%	-1.293634339	-1.250033073	-1.248129455	-1.254329462
6	2	54.80769%	38.84%	47.44%	48.86%	45.71%	-1.581108636	-1.527818201	-1.525491556	-1.533069342
7	24	64.42308%	42.55%	71.95%	70.54%	51.21%	-1.74295512	-0.705518004	-0.71547387	-1.651333811
8	26	74.03846%	42.89%	72.65%	71.24%	51.68%	-1.999127654	-0.799407344	-0.8108236	-1.891626796
9	144	83.65385%	63.08%	85.41%	84.83%	72.77%	-1.610129652	-0.630916572	-0.62207775	-1.562169465
10	474	93.26923%	96.15%	91.46%	91.92%	94.52%	-0.99855591	-0.575275243	-0.542642356	-1.248999443
							-12.04503995	-10.48910828	-10.48297296	-11.95962988
Anderson al cuadrado (se selecciona el menor)							2.045039953	0.489108279	0.482972962	1.959629877
Chequeo p-valor >0.05							NO	SI	SI	NO

FIGURA 5.16.E: GRAFICOS DE CONFIABILIDAD R(t), FRECUENCIA DE FALLOS z(t) y TIEMPO ENTRE FALLOS m(t) EN EL MODELO WEIBULL SELECCIONADO





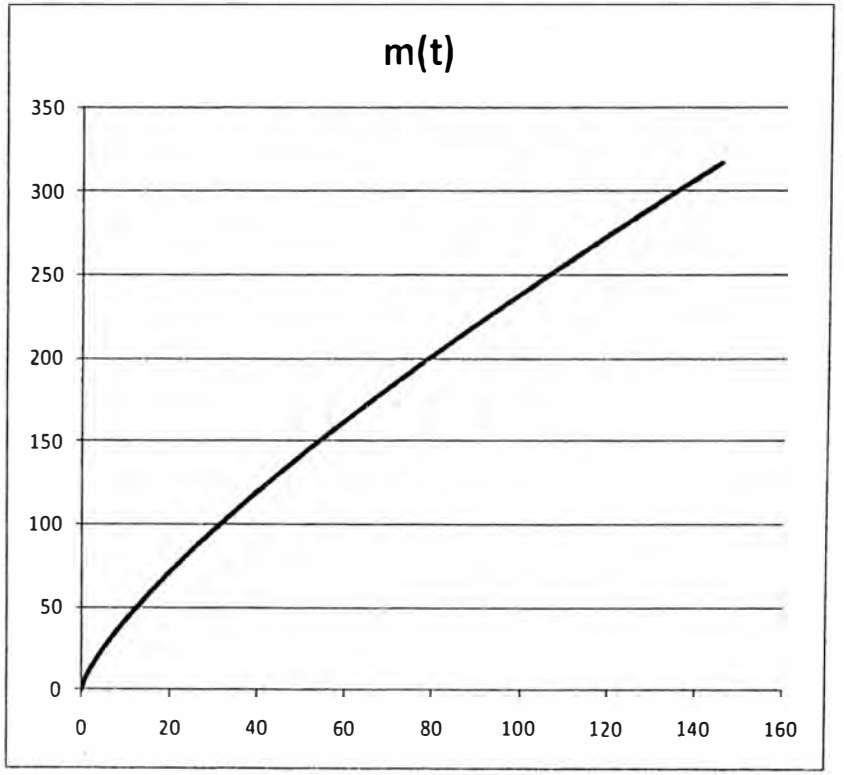


TABLA 5.20.A. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 7 MEDIANTE DISTRIBUCION NORMAL 2-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $\hat{F}est(t)$	t	$\phi inv(\hat{F}est(t))$	μ (MTBF)	σ
241	5	1	0	12.96296%	0	-1.128143645	98.8	126.9559636
172		2	4	31.48148%	4	-0.482248215		
4		3	77	50.00000%	77	-1.39214E-16		
0		4	172	68.51852%	172	0.482248215		
77		5	241	87.03704%	241	1.128143645		

FIGURA 5.17.A: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL t vs φinvFest(t)

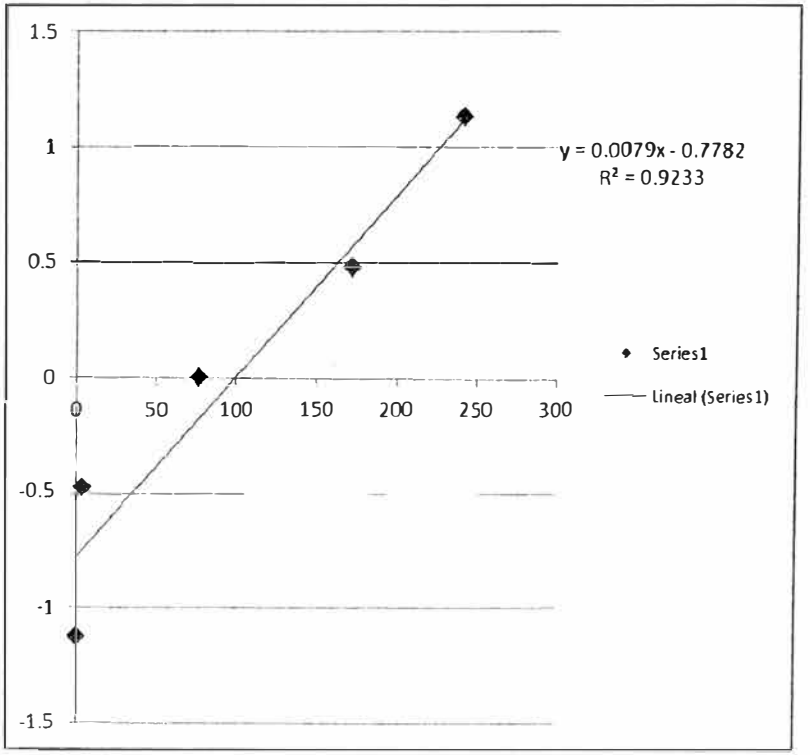


TABLA 5.20.B. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 7 MEDIANTE DISTRIBUCION LOG NOR 3-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	PARAMETRO γ A ITERAR	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $\mathcal{F}_{est}(t)$	ln(t-γ)	ϕ_{inv}(Fest(t))	γ	M	σ
241	5	-211	1	0	12.96296%	5.351858133	-1.128143645	-211	5.689434762	0.40702343
172			2	4	31.48148%	5.370638028	-0.482248215			
4			3	77	50.00000%	5.66296048	-1.39214E-16			
0			4	172	68.51852%	5.948034989	0.482248215			
77			5	241	87.03704%	6.11368218	1.128143645			

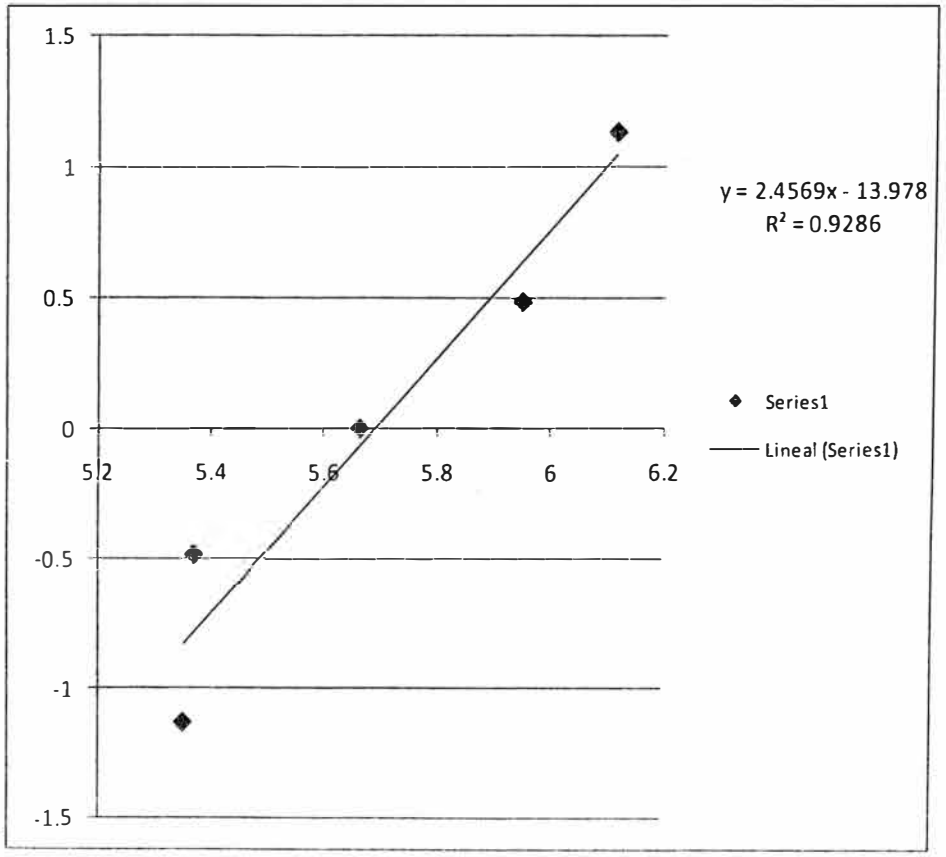


FIGURA 5.17.B: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL ln(t-γ) vs φinvFest(t)

TABLA 5.20.C. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 7 MEDIANTE DISTRIBUCION WEIBULL 3-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	PARAMETRO γ A ITERAR	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): Fest (t)	ln(t-γ)	ln ln (1/(1-Fest(t)))	β	η	γ	μ (MTBF)	σ
241	5	-0.48	1	0	12.96296%	-0.733969175	-1.974458694	0.375980477	86.15660143	-0.48	342.4306612	1196.90781
172			2	4	31.48148%	1.499623046	-0.972686141					
4			3	77	50.00000%	4.350019839	-0.366512921					
0			4	172	68.51852%	5.150281288	0.144767396					
77			5	241	87.03704%	5.486786654	0.714455486					

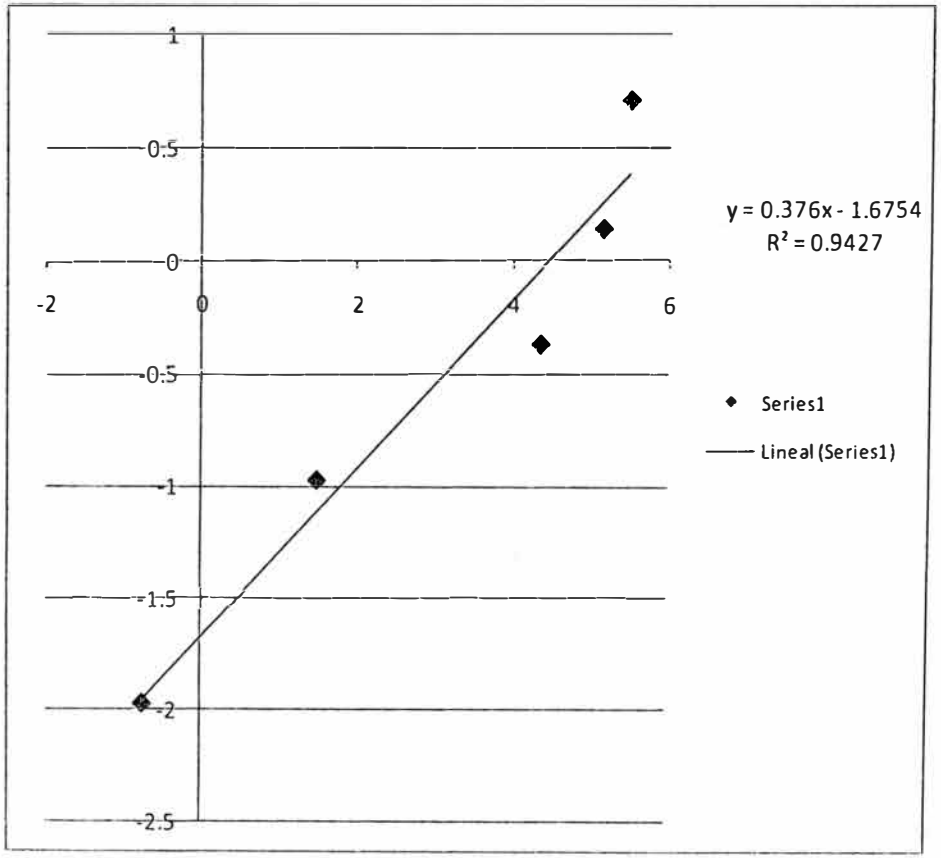


FIGURA 5.17.C: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL ln(t-γ) vs ln ln (1/(1-Fest(t)))

TABLA 5.20.D. MODELACION ESTADISTICA DE EVENTOS DE FALLO EN EL MOLINO 7 MEDIANTE DISTRIBUCION EXPONENCIAL 2-PAR CON ESTIMACION DE SUS PARAMETROS SEGÚN REGRESION EN EXCEL

DATOS	MUESTRA (n)	POSICION DATOS (i)	DATOS ORDENADOS: t	FRECUENCIA ACUMULADA ESTIMADA X RANGOS MEDIANOS (%): $F_{est}(t)$	t	ln (1/(1-Fest(t))	λ	γ	μ (MTBF)	σ
241	5	1	0	12.96%	0	0.138836445	0.00692946	-28.4507364	144.311392	144.311392
172		2	4	31.48%	4	0.378066134				
4		3	77	50.00%	77	0.693147181				
0		4	172	68.52%	172	1.155770703				
77		5	241	87.04%	241	2.043073898				

FIGURA 5.17.D: GRÁFICO DE LA REGRESION LINEAL t vs ln ln (1/(1-Fest(t)))

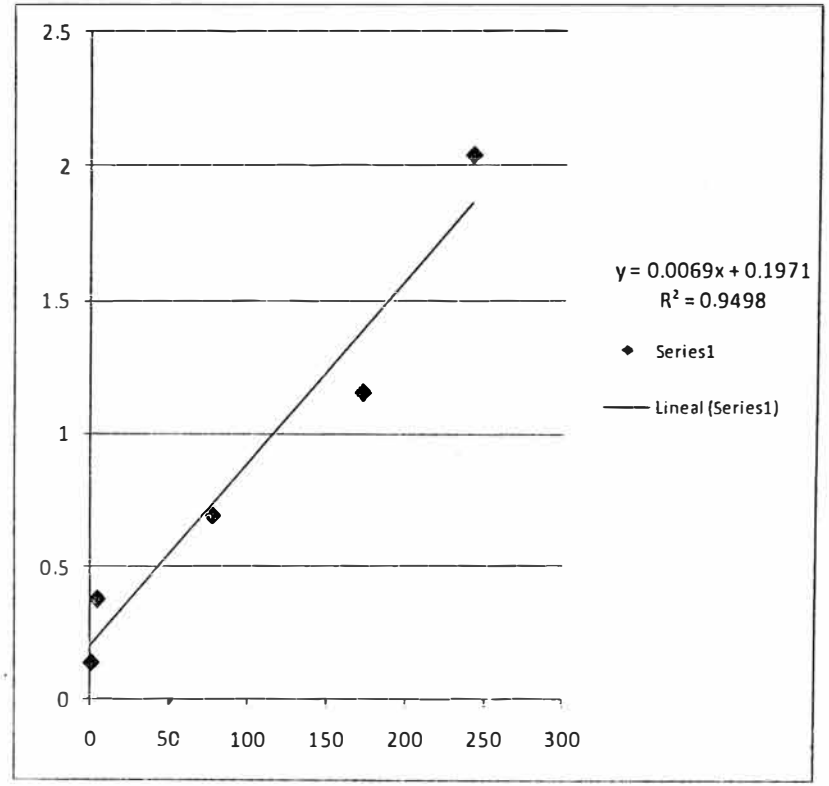


TABLA 5.20.E. PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE A LOS MODELOS ESTADISTICOS DEL MOLINO 7 PARA SELECCIONAR EL MAS ADECUADO

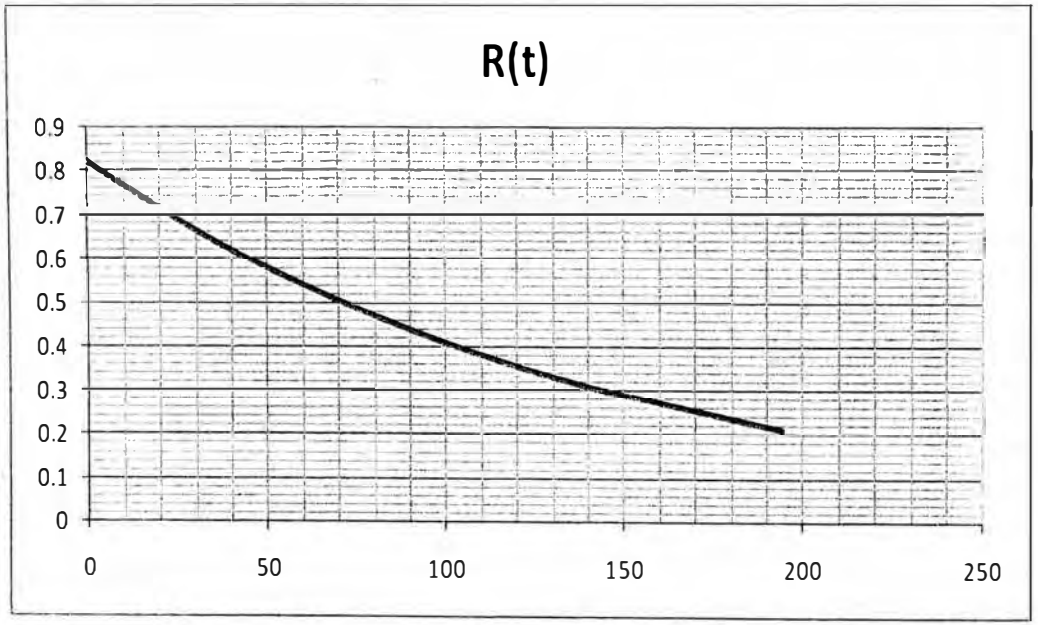
TEST DE KOLMOGOROV - SMIRNOF

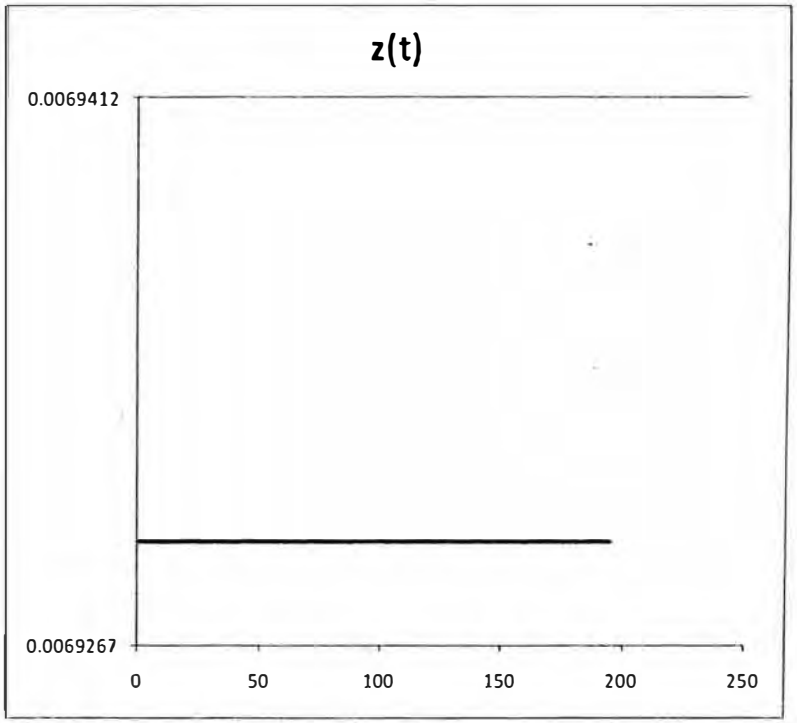
Datos	F(t) real	F(t) dist normal	F(t) dist log-normal	F(t) dist weibull	F(t) dist exp	Discrepancia dist normal	Discrepancia dist log-normal	Discrepancia dist weibull	Discrepancia dist exp
0	12.96296%	21.82%	20.34%	13.24%	17.89%	0.088589268	0.0738154	0.002815474	0.049301458
4	31.48148%	22.76%	21.67%	28.04%	20.14%	0.087197193	0.098071506	0.034435367	0.113437981
77	50.00000%	43.18%	47.41%	61.74%	51.84%	0.06816845	0.02593037	0.117442677	0.018436245
172	68.51852%	71.79%	73.74%	72.70%	75.07%	0.032702491	0.05221304	0.04179021	0.065494134
241	87.03704%	86.87%	85.14%	77.08%	84.54%	0.001711609	0.01900275	0.099542322	0.02493421
	max					0.088589268	0.098071506	0.117442677	0.113437981
Kolmogorov para n=5, significancia 0.05						0.565	0.565	0.565	0.565
Diferencia con el maximo (se selecciona la mayor diferencia)						0.476410732	0.466928494	0.447557323	0.451562019

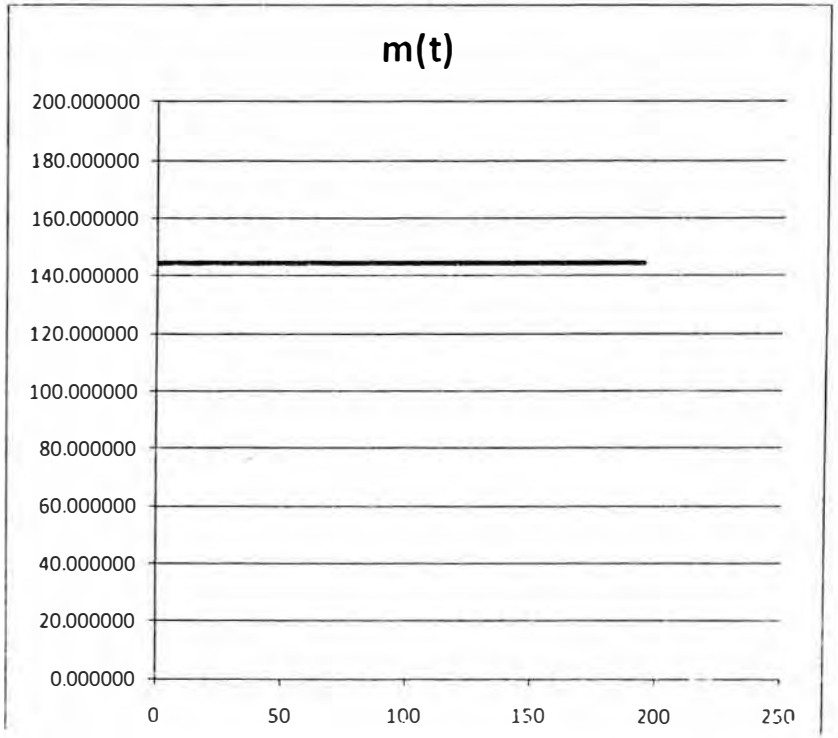
TEST DE ANDERSON - DARLING

i	Datos	F(t) real	F(t) dist normal	F(t) dist log-normal	F(t) dist weibull	F(t) dist exp	Si dist normal	Si dist log-normal	Si dist weibull	Si dist exp
1	0	12.96296%	21.82%	20.34%	13.24%	17.89%	-0.710442614	-0.699727742	-0.698973942	-0.717580519
2	4	31.48148%	22.76%	21.67%	28.04%	20.14%	-1.647322878	-1.719694855	-1.541882871	-1.794955601
3	77	50.00000%	43.18%	47.41%	61.74%	51.84%	-1.405057035	-1.388987521	-1.443045819	-1.387654867
4	172	68.51852%	71.79%	73.74%	72.70%	75.07%	-0.825604787	-0.768490809	-0.907051407	-0.71629992
5	241	87.03704%	86.87%	85.14%	77.08%	84.54%	-0.696573736	-0.69906671	-0.724259597	-0.657091539
							-5.28500105	-5.275967637	-5.315213635	-5.273582446
Anderson al cuadrado (se selecciona el menor)							0.28500105	0.275967637	0.315213635	0.273582446
							SI	SI	SI	SI

FIGURA 5.17.E: GRAFICOS DE CONFIABILIDAD R(t), FRECUENCIA DE FALLOS z(t) y TIEMPO ENTRE FALLOS m(t) EN EL MODELO EXPONENCIAL SELECCIONADO







5.3. EVALUACION DE LA ESTRATEGIA INICIAL PROPUESTA EN TERMINOS DE TIEMPOS

Para evaluar si la estrategia inicial propuesta en términos de tiempo es correcta o debe ser sujeta a correcciones debemos hallar intervalos en que se repetirían las intervenciones tipo "A" a partir de consolidar la información calculada de la vida útil de los componentes críticos (incluyendo en esta consolidación algunas aproximaciones por criterios de coincidencias en el tiempo y factores de montaje, por ejemplo, si una vida útil es 6.8 años y otro 12 años sería razonable hacerlos coincidir a 6 y 12 respectivamente para que en el tiempo coincidan algunas veces, por otra parte, si un par de rodamientos montados en un mismo eje que se desmonta a la vez tienen vidas útiles diferentes sería técnicamente incorrecto desmontar todo para cambiar un rodamiento y dejar el otro ya que durante la maniobra pueden haber riesgos de contaminación o de golpe, en este caso lo correcto es cambiar los dos a la vez a la frecuencia del menor – Tabla 5.21), y las intervenciones tipo "B" consolidando tanto la información de vida útil como la información que se deduce de cada gráfica de cada molino m(t) vs t. (Tabla 5.22) Luego de hallar estos intervalos teóricos compararlos con los supuestos y hacer las correcciones necesarias. La nueva estrategia se muestra en el plano 5.

TABLA 5.21.: ESTABLECIMIENTO DE PERIODOS DE RECAMBIO PLANIFICADOS

ELEMENTO DE MAQUINA	PERIODO DE CAMBIO CALCULADA (años)	PERIODO DE CAMBIO PLANIFICADO (años)	MOTIVOS DE VARIACION ENTRE EL PERIODO DE CAMBIO CALCULADO Y EL PLANIFICADO
Rodamiento A (motriz - lado pared)	9.682454942	9	Truncamiento al entero - Multiplo de 9 meses (periodo base)
Rodamiento B (conducido - lado balsas)	11.1883651	10.5	Multiplo de 9 meses (periodo base) menor al valor calculado
Fajas E441 (que traccionan el tambor)	0.745956958	0.75 (9 meses)	Redondeo decimal - Se selecciona como periodo base
Polea 17 canales E	SIN FORMULA DISPONIBLE DE CALCULO	6	Similar al criterio del eje polea, en esta polea luego de 6 años debe haber un desgaste apreciable en los canales. Por ello se cambia a este periodo y de modo tal que en un multiplo coincida con el cambio de rodamientos de la primera transmisión.
Rodamiento C (primera transmisión)	22.23354458	12	Ambos rodamientos pertenecen a un mismo componente que se desmonta a la vez. Se determina el cambio al redondeo a un múltiplo del periodo de cambio de fajas SV2120-ejepolea inmediato menor al periodo calculado de cambio del rodamiento D (con menos periodo que el C), para que coincidan en el tiempo. Las polea volante grande que se debe desmontar previamente antes de extraer los rodamientos correspondientes, debe cambiarse o sus canales repararse aprovechando la maniobra (es un periodo indirecto por criterio de montaje ya que no se dispone de fórmula de cálculo de vida útil para poleas). La polea volante pequeña si bien no pertenece a esta transmisión sino a la segunda transmisión, se cambiaría al doble de lo que se cambiaria el eje polea y la polea del turbo (por ser conducida se desgasta más lento), y coindiria con el cambio de los rodamientos.
Rodamientos D (primera transmisión)	13.64486981		
Polea volante grande (primera transmisión)	SIN FORMULA DISPONIBLE DE CALCULO		
Polea volante pequeña (segunda transmisión)	SIN FORMULA DISPONIBLE DE CALCULO		
Fajas SV2120 (que traccionan la primera transmisión)	6.00774717	6	Truncamiento al entero. A los 6 años de uso debe haber un desgaste apreciable en el eje-polea. Para cambiarlo implica sustituir la pista interna de los rodamientos NU230EC (que no estan fijos al rodamiento), el disco de freno (porque para sacarlo hay que retirar la pista y si se va a poner nueva polea y nueva pista es mejor incorporar un disco nuevo ya que por estos años el desgaste del disco debe ser apreciable)
Eje - polea + Disco de freno + Pista interna de rodamientos NU230EC	SIN FORMULA DISPONIBLE DE CALCULO		
Rodamiento E (segunda transmisión)	5229.859559	SOLO SE CAMBIARIA LAS PISTAS INTERNAS PARA CAMBIAR EL EJE-POLEA YA QUE ESTAS SON INDEPENDIENTES DE LA JAULA Y PISTA EXTERNA DEL RODAMIENTO	Ambos rodamientos pertenecen a un mismo componente que se desmonta a la vez. Se determina el cambio de ambos en un correctivo o en el overhaul general del equipo porque según diseño no debe fallar en 5000 años siempre que se ejecute un buen mantenimiento.
Rodamiento F (segunda transmision)	INFINITO		
Fajas SV1000 (que traccionan la segunda transmisión)	0.268481677	0.27 (3 meses)	Redondeo decimal - Este valor es menor que el periodo base pero por su simplicidad se considerara como parte del nivel de mantenimiento de refuerzo
Elementos de freno	0.173611111	0.17 (2 meses)	Redondeo decimal - Este valor es menor que el periodo base pero por su simplicidad se considerara como parte del nivel de mantenimiento de refuerzo
Contactores	23.25890484	22.5	Multiplo de 9 meses (periodo base) menor al valor calculado
Rodamiento X (motor)	7.080884492	6	Los rodamientos pertenecen a dos componentes independientes pero hermanados que se desmonta a la vez. Por ello se determina el cambio al truncamiento al entero del periodo menor. Para reducir tiempos de montaje, y salvaguardar fallos anticipados se puede disponer de un acoplador montado a un motor ambos en stand by para esta operación.
Rodamiento Y (motor)	8417.309387		
Rodamiento M (acoplador hidráulico)	20.53435352		
Rodamiento N (acoplador hidráulico)	6.762140989		

TABLA 5.22. CONSOLIDACION ANALISIS ESTADISTICO

	Molino 1		Molino 2		Molino 3		Molino 4		Molino 5		Molino 6		Molino 7	
	Dist. Weibull		Dist. Log-normal		Dist. Log-normal		Dist. Weibull		Dist. Weibull		Dist. Weibull		Dist. Exp.	
	(t_k)	$m(t_k)$	(t_k)	$m(t_k)$	(t_k)	$m(t_k)$	(t_k)	$m(t_k)$	(t_k)	$m(t_k)$	(t_k)	$m(t_k)$	(t_k)	$m(t_k)$
Partida - Mantenimiento A	0	12	0	19	0	22	0	2	0	12	0	1	0	144
1° Mantenimiento B	12	41	19	47	22	29	2	14	12	38	1	7		
2° Mantenimiento B (excepto molino 7) - Freno (excepto molino 6)	53	73	66	97	51	33	16	45	50	62	8	35		
Cambio fajas 5V1000 Molinos 1, 2,5,7 - Aceites	90		90						90				90	
3° Mantenimiento B (2° para el molino 7) - Freno molino 6 - Cambio fajas 5V1000 molino 3	126	102	163	179	84	57	61	93	112	83	43	126	144	
Cambio fajas 5V1000 Molinos 4 - Aceites							90				90			
Cambio fajas 5V1000 Molinos 1, 2,5,7 - Aceites - Frenos	180		180						180				180	
Fin - Mantenimiento A Molino 7													270	
4° Mantenimiento B - Frenos	228	42		270	141	78	154	116	195	75	169	101		
Cambio fajas 5V1000 Molinos 4 y 6 - Aceites							180				180			
Fin - Mantenimiento A (excepto molino 7 y molino 3)	270		270				270		270		270			
Cambio fajas 5V1000 molino 3					180									
5° Mantenimiento B					219	105								
Fin - Mantenimiento A Molino 3					270									

De lo expuesto se observa que mientras en la estrategia hipotética se estimó un periodo entre intervenciones máximo de 23 semanas para el mantenimiento tipo A para un mismo molino, de los cálculos y deducciones que se muestran en las tablas se obtiene un período mayor de 39 semanas, lo cual de plano es una ventaja ya que implica parar menos veces un mismo molino al año. Asimismo mientras que en la estrategia hipotética para el mantenimiento tipo B se estimó un período constante entre intervenciones de 7 semanas máximo para un mismo molino, de los cálculos y deducciones posteriores se obtiene, a excepción del molino 7, un período no uniforme (no constante) sino creciente en el tiempo y con ciertas diferencias entre molino y molino (cada molino tiene un comportamiento algo diferente, lo que demuestra las diferencias en el montaje inicial, en su fabricación, y en su mantenimiento previo al inicio de la nueva estrategia).

CAPÍTULO VI

ESTRUCTURA DE COSTOS

6.1. COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA FINAL CALCULADA A CARGARSE COMO PROYECTO DE INVERSION

Se han sumado todos aquellos costos a considerarse proyecto de inversión (y que se tratarán contablemente como revalorizaciones del activo fijo correspondiente a los molinos de pasta), a saber: personal adicional por iniciación discontinua del plan (no se empieza en todos los molinos a la vez sino de uno en uno), herramientas necesarias para ejecutar la estrategia dentro de los estándares del fabricante, y algunos instrumentos para ejecutar técnicas predictivas básicas para garantizar el cumplimiento del modelo. Los resultados se exponen en la tabla 6.1. El costo de la mano de obra adicional se basa en lo estimado en la tabla 6.2. y una reducción progresiva a medida que se empieza el plan a cada molino. Las hojas técnicas y las cotizaciones de herramientas e instrumentos se muestran en los anexos 6, 7 y 8.

TABLA 6.1. COSTEO DE LA PARTE PROYECTIZABLE DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO

RECURSO	OBJETIVO	UND. REC	CANT. REC.	COSTO UNIT. (US$.)	COSTO TOTAL EQUIPO (US$)
HORA HOMBRE MECANICO	Cubrir los sobrecostos por iniciación de la nueva estrategia de forma no conjunta (primero un molino, luego otro, y así sucesivamente). Esto cubre las probables distorsiones (tomando en cuenta que se empezará cambiando los rodamientos grandes que ya están en período desgaste excepto los que se cambiaron en menos de un año). Para ello se ha determinado 1/2 mecánico y 1/8 electricista por molino de riesgo (el valor de 1/2 responde a la probabilidad de que suceda o no un evento distorsionador, y 1/8 porque se tienen menos labores eléctricas): en un inicio el riesgo es de 6 porque 1 ya se está cubriendo con el plan, luego de 5 semanas el riesgo es de 5, y así sucesivamente. El jornal es de 7 horas diarias x 6 días = 42 por semana, por tanto las primeras 5 semanas se necesitaran 42x0.5x5x6 = 630 horas hombre de mecánico y 630/4 horas hombre de electricista, las siguientes 5 seran 42x0.5x5x5 = 525 horas hombre de mecánico y 525/4 horas hombre de electricista y así sucesivamente. La operación de horas totales es 42x0.5x(5x6+5x5+5x4+5x3+5+2+5x1) =2205 horas hombre de mecánico y 2205/4=551.25 horas hombre de electricista	HORAS- HOMBRE	2205	$4.43	$9,769.48
HORA HOMBRE ELECTRICISTA		HORAS- HOMBRE	551.25	$4.03	$2,221.02
Tuerca hidráulica HMV 60 E	Evitar el ingreso de partículas metálicas a los espacios internos del rodamiento al hacerlo con la comba y el apoyo artesanal (se nota a simple vista las chispas que expele el proceso actual). Llegar a los valores del fabricante de juego radial (como se desprende del anexo 7 mediante la comba y el apoyo artesanal no se llegan a los valores deseados y trabajando así el riesgo de falla prematura es mayor)	UN	1	$1,825.65	$1,825.65
Bomba hidraulica TMJL 100		UN	1	$554.40	$554.40
Analizador de vibraciones básico X-VIBER	Serviria para obtener información del estado de los rodamientos del motor o si existiese un desbalance, desalineamiento, soltura mecánica. Es un analizador de bajo costo.	UN	1	$365.00	$365.00
Comparador de aceites SKF	La inspección planteada en la frecuencia variable debe ser la más exhaustiva posible (ya que la estadística asegura la presencia de una falla a punto de suceder u oculta) evitando al máximo desmontaje o desarmado de equipos (por temas de tiempo de reparación). Por ello para inspeccionar el interior de los rodamientos del tambor y del turbo sin un desmontaje mayor (en un taller) se debe aprovechar su aceite para extraer información si hay falla oculta o no comparandolo con un aceite virgen. No se trata de un análisis de aceite ya que no obtendríamos valores para hacer una estadística de proyección exacta, pero sí nos permite definir en el momento la presencia de desgaste o degradación para intervenirlo de inmediato (sin esperar a obtener del proveedor luego de varios dias una respuesta sobre un análisis de aceites).	UN	1	$974.53	$974.53
TOTAL					$15,710.09

6.2. COSTOS DE LA EJECUCIÓN DE LA ESTRATEGIA FINAL CALCULADA A CARGARSE COMO GASTO DE MANTENIMIENTO

Se ha efectuado un análisis de costos unitarios de la estrategia final (tabla 6.3.). Los datos de costo se han tomado de consultas al módulo de almacenes del sistema one world (no incluyen el IGV), los precios son de finales del 2008. Para calcular el valor de hora hombre del personal técnico necesario, se ha tomado un promedio ponderado salarial entre las diversas categorías de un determinado puesto (sueldo tomado de las boletas de pago de los técnicos); se ha considerado además las cargas laborales sobre el sueldo básico que se obtuvo de datos del área de recursos humanos (tabla 6.2.).

TABLA 6.2. CALCULO DE LA HORA HOMBRE DEL PERSONAL TECNICO DE MANTENIMIENTO

PUESTO	MECANICO					ELECTRICISTA				
CATEGORIAS	PRACTICANTE	MECANICO C	MECANICO B	MECANICO A	*PROMEDIO*	PRACTICANTE	ELECTRICISTA C	ELECTRICISTA B	ELECTRICISTA A	*PROMEDIO*
SUELDO BASICO PROPUESTO	S/. 750.00	S/. 1,500.00	S/. 1,800.00	S/. 2,000.00		S/. 750.00	S/. 1,500.00	S/. 1,800.00	S/. 2,000.00	
% CARGAS LABORALES	30.00%	60.00%	60.00%	60.00%		30.00%	60.00%	60.00%	60.00%	
SUELDO AFECTADO POR CARGAS LABORALES	S/. 975.00	S/. 2,400.00	S/. 2,880.00	S/. 3,200.00		S/. 975.00	S/. 2,400.00	S/. 2,880.00	S/. 3,200.00	
PROPORCIONES (ENTRE EL TOTAL DE PERSONAL DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA)	6	17	12	5		4	5	3	2	
SUELDO PROMEDIO ANUALIZADO					S/. 29,163.00					S/. 26,520.00
HORAS EFECTIVAS NORMALES TRABAJADAS AL AÑO					S/. 2,269.71					S/. 2,269.71
HORA HOMBRE PROMEDIO					S/. 12.85					S/. 11.68

TABLA 6.3. ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MOLINOS PASTA

TIPO	REPUESTO OBJETIVO	PERIODO BASE (AÑOS)	PERIODO DE INTERVENCIONES EN AÑOS CALCULADO	NUMERO DE PERIODOS BASE EN QUE SE EFECTUA	Nº DE INTERVENCIONES PROMEDIO AL AÑO POR EQUIPO	MAYOR	RECURSO	CODIGO	UND. REC	CANT. REC.	COSTO UNIT. (S/.)	COSTO TOTAL EQUIPO (S/.)	COSTO TOTAL ANUALIZADO DE EQUIPO (S/.)	TOTAL MOLINOS A DIC 2008	COSTO TOTAL ANUALIZADO DE MOLINOS (S/.)
A	RODAMIENTO A DEL TAMBOR (MOTRIZ)	0.75	9	12	0.11	PLANILLA	HORA HOMBRE MECANICO	-	HORAS- HOMBRE	49	S/. 12.85	S/. 629.59	S/. 69.95	7	S/. 489.68
A	RODAMIENTO A DEL TAMBOR (MOTRIZ)	0.75	9	12	0.11	PLANILLA	HORA HOMBRE ELECTRICISTA	-	HORAS- HOMBRE	7	S/. 11.68	S/. 81.79	S/. 9.09	7	S/. 63.61
A	RODAMIENTO A DEL TAMBOR (MOTRIZ)	0.75	9	12	0.11	REPUESTOS & MATERIALES	Aceite Shell Omala 150	GACEI000S	GALON	1	S/. 26.70	S/. 26.70	S/. 2.97	7	S/. 20.77
A	RODAMIENTO A DEL TAMBOR (MOTRIZ)	0.75	9	12	0.11	REPUESTOS & MATERIALES	Rodamiento 23060 CCK / W33 C3 (Cod. SACMI 1.090.022) D=460, d=300, B=118, C=1630kN, Co=1900kN, RPM max aceite=800	MCOJI1003 / MRODA000S	UN	1	S/. 2,435.00	S/. 2,435.00	S/. 270.56	7	S/. 1,893.89
A	RODAMIENTO A DEL TAMBOR (MOTRIZ)	0.75	9	12	0.11	REPUESTOS & MATERIALES	Manguito de fijacion H3060 (Cod. SACMI 1.090.023) d=300, d1=280, d3=360, B1=168, B2=42	MCASQ1020 / MMGUI0003	UN	1	S/. 554.40	S/. 554.40	S/. 61.60	7	S/. 431.20
A	RODAMIENTO A DEL TAMBOR (MOTRIZ)	0.75	9	12	0.11	REPUESTOS & MATERIALES	Anillo guia separador (Cod. SACMI MTD 34001008)	MANILL0001 - PLANO Nº 36	UN	1	S/. 280.00	S/. 280.00	S/. 31.11	7	S/. 217.78
A	RODAMIENTO A DEL TAMBOR (MOTRIZ)	0.75	9	12	0.11	REPUESTOS & MATERIALES	Anillo de retención FR V-Seal VA0350 (Cod. SACMI 5.001.050)	MANIL1008	UN	1	S/. 122.00	S/. 122.00	S/. 13.56	7	S/. 94.89
A	RODAMIENTO A DEL TAMBOR (MOTRIZ)	0.75	9	12	0.11	REPUESTOS & MATERIALES	Pernos socket clase 8.8 rosca corriente M12 x 35 + Arandela de presion M12	GPERN0240	UN	8	S/. 18.00	S/. 144.00	S/. 16.00	7	S/. 112.00
A	RODAMIENTO A DEL TAMBOR (MOTRIZ)	0.75	9	12	0.11	REPUESTOS & MATERIALES	Perno hexagonal M36 x 4 x 110 clase 8.8 (grado SAE S) ajustable con llave SS	-	UN	2	S/. 120.00	S/. 240.00	S/. 26.67	7	S/. 186.67
A	RODAMIENTO A DEL TAMBOR (MOTRIZ)	0.75	9	12	0.11	REPUESTOS & MATERIALES	Tapones, orines, y materiales menores	-	VARIOS	1	S/. 50.00	S/. 50.00	S/. 5.56	7	S/. 38.89
A	RODAMIENTO A DEL TAMBOR (MOTRIZ)	0.75	9	12	0.11	REPUESTOS & MATERIALES	Tuerca M36 paso 4mm clase 8.8 ajustable con llave 55	-	UN	2	S/. 32.00	S/. 64.00	S/. 7.11	7	S/. 49.78
A	RODAMIENTO A DEL TAMBOR (MOTRIZ)	0.75	9	12	0.11	SERVICIOS	Recuperación de ajustes alojamiento chumacera y tapas (o recambio de ser necesario)	-	UN	1	S/. 450.00	S/. 450.00	S/. 50.00	7	S/. 350.00

TIPO	REPUESTO OBJETIVO	PERIODO BASE (AÑOS)	PERIODO DE INTERVENCIONES EN AÑOS CALCULADO	NUMERO DE PERIODOS BASE EN QUE SE EFECTUA	N° DE INTERVENCIONES PROMEDIO AL AÑO POR EQUIPO	MAYOR	RECURSO	CODIGO	UND. REC	CANT. REC.	COSTO UNIT (S/.)	COSTO TOTAL EQUIPO (S/.)	COSTO TOTAL ANUALIZADO DE EQUIPO (S/.)	TOTAL MOLINOS A DIC 2008	COSTO TOTAL ANUALIZADO DE MOLINOS (S/.)
A	RODAMIENTO B DEL TAMBOR	0.75	10.5	14	0.10	PLANILLA	HORA HOMBRE MECANICO	-	HORAS- HOMBRE	49	S/. 12.85	S/. 629.59	S/. 59.96	7	S/. 419.73
A	RODAMIENTO B DEL TAMBOR (CONDUCIDO)	0.75	10.5	14	0.10	PLANILLA	HORA HOMBRE ELECTRICISTA	-	HORAS- HOMBRE	2	S/. 11.68	S/. 23.37	S/. 2.23	7	S/. 15.58
A	RODAMIENTO B DEL TAMBOR (CONDUCIDO)	0.75	10.5	14	0.10	REPUESTOS & MATERIALES	Aceite Shell Omala 150	GACEI0005	GALON	1	S/. 26.70	S/. 26.70	S/. 2.54	7	S/. 17.80
A	RODAMIENTO B DEL TAMBOR (CONDUCIDO)	0.75	10.5	14	0.10	REPUESTOS & MATERIALES	Rodamiento 23060 CCK / W33 C3 (Cod. SACMI 1.090.022) D=460, d=300, B=118, C=1630kN, Co=1900kN, RPM max aceite= 800	MCOJI1003 / MRODA0005	UN	1	S/. 2,435.00	S/. 2,435.00	S/. 231.90	7	S/. 1,623.33
A	RODAMIENTO B DEL TAMBOR (CONDUCIDO)	0.75	10.5	14	0.10	REPUESTOS & MATERIALES	Manguito de fijacion H3060 (Cod. SACMI 1.090.023) d=300, d1=280, d3=360, B1=168, B2=42	MCASQ1020 / MMGUI0003	UN	1	S/. 554.40	S/. 554.40	S/. 52.80	7	S/. 369.60
A	RODAMIENTO B DEL TAMBOR (CONDUCIDO)	0.75	10.5	14	0.10	REPUESTOS & MATERIALES	Anllloguia separador (Cod. SACMI MTD 34001008)	MANILL0001 - PLANO Nº 36	UN	1	S/. 280.00	S/. 280.00	S/. 26.67	7	S/. 186.67
A	RODAMIENTO B DEL TAMBOR (CONDUCIDO)	0.75	10.5	14	0.10	REPUESTOS & MATERIALES	Anillo de retención FR V-Seal VA0350 (Cod. SACMI 5.001.050)	MANIL1008	UN	1	S/. 122.00	S/. 122.00	S/.11.62	7	S/. 81.33
A	RODAMIENTO B DEL TAMBOR (CONDUCIDO)	0.75	10.5	14	0.10	REPUESTOS & MATERIALES	Pernos socket clase 8.8 rosca corriente M12 x 35 + Arandela de presion M12	GPERN0240	UN	8	S/. 18.00	S/. 144.00	S/. 13.71	7	S/. 96.00
A	RODAMIENTO B DEL TAMBOR (CONDUCIDO)	0.75	10.5	14	0.10	REPUESTOS & MATERIALES	Perno hexagonal M36 x 4 x 110 clase 8.8 (grado SAE 5) ajustable con llave 55	-	UN	2	S/. 120.00	S/. 240.00	S/. 22.86	7	S/. 160.00
A	RODAMIENTO B DEL TAMBOR (CONDUCIDO)	0.75	10.5	14	0.10	REPUESTOS & MATERIALES	Tapones, orines, y materiales menores	-	VARIOS	1	S/. 50.00	S/. 50.00	S/. 4.76	7	S/. 33.33
A	RODAMIENTO B DEL TAMBOR (CONDUCIDO)	0.75	10.5	14	0.10	REPUESTOS & MATERIALES	Tuerca M36 paso 4mm clase 8.8 ajustable con llave 55	-	UN	2	S/. 32.00	S/. 64.00	S/. 6.10	7	S/. 42.67
A	RODAMIENTO B DEL TAMBOR (CONDUCIDO)	0.75	10.5	14	0.10	SERVICIOS	Recuperación de ajustes alojamiento chumacera y tapas (o recambio de ser necesario)	-	UN	1	S/. 450.00	S/. 450.00	S/. 42.86	7	S/. 300.00

TIPO	REPUESTO OBJETIVO	PERIODO BASE (AÑOS)	PERIODO DE INTERVENCIONES EN AÑOS CALCULADO	NUMERO DE PERIODOS BASE EN QUE SE EFECTUA	N° DE INTERVENCIONES PROMEDIO AL AÑO POR EQUIPO	MAYOR	RECURSO	CODIGO	UND. REC	CANT. REC.	COSTO UNIT. (S/.)	COSTO TOTAL EQUIPO (S/.)	COSTO TOTAL ANUALIZADO DE EQUIPO (S/.)	TOTAL MOLINOS A DIC 2008	COSTO TOTAL ANUALIZADO DE MOLINOS (S/.)
A	FAJAS E441	0.75	0.75	1	1.33	PLANILLA	HORA HOMBRE MECANICO	-	HORAS- HOMBRE	36	S/. 12.85	S/. 462.56	S/. 616.74	7	S/. 4,317.18
A	FAJAS E441	0.75	0.75	1	1.33	PLANILLA	HORA HOMBRE ELECTRICISTA	-	HORAS- HOMBRE	3	S/. 11.68	S/. 35.05	S/. 46.74	7	S/. 327.16
A	FAJAS E441	0.75	0.75	1	1.33	REPUESTOS & MATERIALES	KIT CORREAS E441 SVI11200	MKITS1047	UN	1	S/. 6,107.21	S/. 6,107.21	S/. 8,142.95	7	S/. 57,000.63
A	POLEA 17 CANALES E (PRIMERA	0.75	6	8	0.17	PLANILLA	HORA HOMBRE MECANICO	-	HORAS- HOMBRE	3	S/. 12.85	S/. 38.55	S/. 6.42	7	S/. 44.97
A	POLEA 17 CANALES E (PRIMERA TRANSMISION)	0.75	6	8	0.17	PLANILLA	HORA HOMBRE ELECTRICISTA	-	HORAS- HOMBRE	1	S/. 11.68	S/. 11.68	S/. 1.95	7	S/. 13.63
A	POLEA 17 CANALES E (PRIMERA TRANSMISION)	0.75	6	8	0.17	REPUESTOS & MATERIALES	POLEA (MTD 340.04.004)	MPOLE1113	UN	1	S/. 11,253.06	S/. 11,253.06	S/. 1,875.51	7	S/. 13,128.57
A	POLEA 17 CANALES E (PRIMERA TRANSMISION)	0.75	6	8	0.17	SERVICIOS	Extraccion y colocacion polea 17 canales E	-	UN	1	S/. 650.00	S/. 650.00	S/. 108.33	7	S/. 758.33
A	RODAMIENTO C Y D	0.75	9	12	0.11	PLANILLA	HORA HOMBRE MECANICO	-	HORAS- HOMBRE	42	S/. 12.85	S/. 539.65	S/. 59.96	7	S/. 419.73
A	RODAMIENTO C Y D (PRIMERA TRANSMISION)	0.75	9	12	0.11	PLANILLA	HORA HOMBRE ELECTRICISTA	-	HORAS- HOMBRE	3	S/. 11.68	S/. 35.05	S/. 3.89	7	S/. 27.26
A	RODAMIENTO C Y D (PRIMERA TRANSMISION)	0.75	9	12	0.11	REPUESTOS & MATERIALES	COJINETE 23226 C/W33	MCOJI1004	UN	1	S/. 636.38	S/. 636.38	S/. 70.71	7	S/. 494.96
A	RODAMIENTO C Y D (PRIMERA TRANSMISION)	0.75	9	12	0.11	REPUESTOS & MATERIALES	COJINETE 23030 CC/W33	MCOJI1005	UN	2	S/. 490.85	S/. 981.69	S/. 109.08	7	S/. 763.54
A	RODAMIENTO C Y D (PRIMERA TRANSMISION)	0.75	9	12	0.11	REPUESTOS & MATERIALES	ANILLO NILOS AV22226	MANIL1009	UN	1	S/. 54.66	S/. 54.66	S/. 6.07	7	S/. 42.51

TIPO	REPUESTO OBJETIVO	PERIODO BASE (AÑOS)	PERIODO DE INTERVENCIONES EN AÑOS CALCULADO	NUMERO DE PERIODOS BASE EN QUE SE EFECTUA	Nº DE INTERVENCIONES PROMEDIO AL AÑO POR EQUIPO	MAYOR	RECURSO	CODIGO	UND. REC	CANT. REC.	COSTO UNIT. (S/.)	COSTO TOTAL EQUIPO (S/.)	COSTO TOTAL ANUALIZADO DE EQUIPO (S/.)	TOTAL MOLINOS A DIC 2008	COSTO TOTAL ANUALIZADO DE MOLINOS (S/.)
A	RODAMIENTO C Y D (PRIMERA TRANSMISION)	0.75	9	12	0.11	REPUESTOS & MATERIALES	ANILLO NILOS AV 23030	MANIL1010	UN	2	S/. 55.21	S/. 110.42	S/. 12.27	7	S/. 85.88
A	RODAMIENTO C Y D (PRIMERA TRANSMISION)	0.75	9	12	0.11	REPUESTOS & MATERIALES	ANILLO (1.300.190)	MANIL1039	UN	1	S/. 52.90	S/. 52.90	S/. 5.88	7	S/. 41.14
A	RODAMIENTO C Y D (PRIMERA TRANSMISION)	0.75	9	12	0.11	REPUESTOS & MATERIALES	GRASA ALVANIA EP-2 (P/EXTREMA	GGRAS0001	KG	1	S/. 16.73	S/. 16.73	S/. 1.86	7	S/. 13.01
A	RODAMIENTO C Y D (PRIMERA TRANSMISION)	0.75	9	12	0.11	REPUESTOS & MATERIALES	POLEA (MTD 340.03.053)	MPOLE1114	UN	1	S/. 3,507.18	S/. 3,507.18	S/. 389.69	7	S/. 2,727.81
A	RODAMIENTO C Y D (PRIMERA TRANSMISION)	0.75	9	12	0.11	SERVICIOS	Extracción de polea grande 1.20 m, pintado y reparación de sus canales y alojamiento	-	UN	1	S/. 3,400.00	S/. 3,400.00	S/. 377.78	7	S/. 2,644.44
A	RODAMIENTO C Y D (PRIMERA TRANSMISION)	0.75	9	12	0.11	SERVICIOS	Extraccion de rodamientos, metalizados y/o embocinados a asientos de eje y alojamientos necesarios	-	UN	1	S/. 1,850.00	S/. 1,850.00	S/. 205.56	7	S/. 1,438.89
A	EJE-POLEA, FAJAS 5V2120, DISCO DE FRENO, ASIENTOS RODAMIENTO E Y F	0.75	6	8	0.17	PLANILLA	HORA HOMBRE MECANICO	-	HORAS- HOMBRE	42	S/. 12.85	S/. 539.65	S/. 89.94	7	S/. 629.59
A	EJE-POLEA, FAJAS 5V2120, DISCO DE FRENO, ASIENTOS RODAMIENTO E Y F	0.75	6	8	0.17	PLANILLA	HORA HOMBRE ELECTRICISTA	-	HORAS- HOMBRE	3	S/. 11.68	S/. 35.05	S/. 5.84	7	S/. 40.90
A	EJE-POLEA, FAJAS 5V2120, DISCO DE FRENO, ASIENTOS RODAMIENTO E Y F	0.75	6	8	0.17	REPUESTOS & MATERIALES	POLEA (MTD 340.03.048)	MPOLE1115	UN	1.00	S/. 4,793.64	S/. 4,793.64	S/. 798.94	7	S/. 5,592.58
A	EJE-POLEA, FAJAS 5V2120, DISCO DE FRENO, ASIENTOS RODAMIENTO E Y F	0.75	6	8	0.17	REPUESTOS & MATERIALES	PISTA INTERIOR NUP 230E 150X	(POR CREAR)	UN	1.00	S/. 238.00	S/. 238.00	S/. 39.67	7	S/. 277.67
A	EJE-POLEA, FAJAS 5V2120, DISCO DE FRENO, ASIENTOS RODAMIENTO E Y F	0.75	6	8	0.17	REPUESTOS & MATERIALES	PISTA INTERIOR UN 230E 150X	(POR CREAR)	UN	1.00	S/. 210.00	S/. 210.00	S/. 35.00	7	S/. 245.00

TIPO	REPUESTO OBJETIVO	PERIODO BASE (AÑOS)	PERIODO DE INTERVENCIONES EN AÑOS CALCULADO	NUMERO DE PERIODOS BASE EN QUE SE EFECTUA	N° DE INTERVENCIONES PROMEDIO AL AÑO POR EQUIPO	MAYOR	RECURSO	CODIGO	UND. REC	CANT. REC	COSTO UNIT (S/.)	COSTO TOTAL EQUIPO (S/.)	COSTO TOTAL ANUALIZADO DE EQUIPO (S/.)	TOTAL MOLINOS A DIC 2008	COSTO TOTAL ANUALIZADO DE MOLINOS (S/.)
A	EJE-POLEA, FAJAS 5V2120, DISCO DE FRENO, ASIENTOS RODAMIENTO E Y F	0.75	6	8	0.17	REPUESTOS & MATERIALES	V-RIN NITRILO VS-150 SKF VR2	GVRIN0008	UN	1.00	S/. 46.19	S/. 46.19	S/. 7.70	7	S/. 53.89
A	EJE-POLEA, FAJAS 5V2120, DISCO DE FRENO, ASIENTOS RODAMIENTO E Y F	0.75	6	8	0.17	REPUESTOS & MATERIALES	V-RIN NITRILO VS-160 SKF VR2	GVRIN0009	UN	3.00	S/. 71.43	S/. 214.29	S/. 35.72	7	S/. 250.01
A	EJE-POLEA, FAJAS 5V2120, DISCO DE FRENO, ASIENTOS RODAMIENTO E Y F	0.75	6	8	0.17	REPUESTOS & MATERIALES	FAJA 5V 2120	GFAJA0158	UN	25.00	S/. 119.33	S/. 2,983.25	S/. 497.21	7	S/. 3,480.46
A	EJE-POLEA, FAJAS 5V2120, DISCO DE FRENO, ASIENTOS RODAMIENTO E Y F	0.75	6	8	0.17	REPUESTOS & MATERIALES	DISCO DE FRENO	MDISC1001	UN	1	S/. 235.00	S/. 235.00	S/. 39.17	7	S/. 274.17
A	EJE-POLEA, FAJAS 5V2120, DISCO DE FRENO, ASIENTOS RODAMIENTO E Y F	0.75	6	8	0.17	REPUESTOS & MATERIALES	GRASA ALVANIA EP-2 (P/EXTREMA	GGRAS0001	KG	1	S/. 16.73	S/. 16.73	S/. 2.79	7	S/. 19.52
A	RODAMIENTOS Y POLEA ACOPLADOR HIDRAULICO, RODAMIENTOS, SELLOS Y ESTATOR MOTOR	0.75	6	8	0.17	PLANILLA	HORA HOMBRE MECANICO	-	HORAS- HOMBRE	56	S/. 12.85	S/. 719.53	S/. 119.92	7	S/. 839.45
A	RODAMIENTOS Y POLEA ACOPLADOR HIDRAULICO, RODAMIENTOS, SELLOS Y ESTATOR MOTOR	0.75	6	8	0.17	PLANILLA	HORA HOMBRE ELECTRICISTA	-	HORAS- HOMBRE	14	S/. 11.68	S/. 163.58	S/. 27.26	7	S/. 190.84
A	RODAMIENTOS Y POLEA ACOPLADOR HIDRAULICO, RODAMIENTOS, SELLOS Y ESTATOR MOTOR	0.75	6	8	0.17	REPUESTOS & MATERIALES	RODAJE 6024 C3	GRODA0020	UN	1.00	S/. 312.67	S/. 312.67	S/. 52.11	7	S/. 364.78
A	RODAMIENTOS Y POLEA ACOPLADOR HIDRAULICO, RODAMIENTOS, SELLOS Y ESTATOR MOTOR	0.75	6	8	0.17	REPUESTOS & MATERIALES	RODAJE 6212 C3	GRODA0176	UN	1.00	S/. 63.54	S/. 63.54	S/. 10.59	7	S/. 74.13

TIPO	REPUESTO OBJETIVO	PERIODO BASE (AÑOS)	PERIODO DE INTERVENCIONES EN AÑOS CALCULADO	NUMERO DE PERIODOS BASE EN QUE SE EFECTUA	N° DE INTERVENCIONES PROMEDIO AL AÑO POR EQUIPO	MAYOR	RECURSO	CODIGO	UND. REC	CANT. REC.	COSTO UNIT. (S/.)	COSTO TOTAL EQUIPO (S/.)	COSTO TOTAL ANUALIZADO DE EQUIPO (S/.)	TOTAL MOLINOS A DIC 2008	COSTO TOTAL ANUALIZADO DE MOLINOS (S/.)
A	RODAMIENTOS Y POLEA ACOPLADOR HIDRAULICO, RODAMIENTOS, SELLOS Y ESTATOR MOTOR	0.75	6	8	0.17	REPUESTOS & MATERIALES	RETEN 130 - 160 - 12	GRETE0047	UN	1.00	S/. 28.39	S/. 28.39	S/. 4.73	7	S/. 33.12
A	RODAMIENTOS Y POLEA ACOPLADOR HIDRAULICO, RODAMIENTOS, SELLOS Y ESTATOR MOTOR	0.75	6	8	0.17	REPUESTOS & MATERIALES	RETEN 54 - 85 - 10	GRETE0107	UN	1.00	S/. 12.61	S/. 12.61	S/. 2.10	7	S/. 14.71
A	RODAMIENTOS Y POLEA ACOPLADOR HIDRAULICO, RODAMIENTOS, SELLOS Y ESTATOR MOTOR	0.75	6	8	0.17	REPUESTOS & MATERIALES	SEGURO SEGUER EXT. 120MM	GSEGU0055	UN	3.00	S/. 12.31	S/. 36.93	S/. 6.16	7	S/. 43.09
A	RODAMIENTOS Y POLEA ACOPLADOR HIDRAULICO, RODAMIENTOS, SELLOS Y ESTATOR MOTOR	0.75	6	8	0.17	REPUESTOS & MATERIALES	POLEA TURBO	MPOLE0075	UN	1	S/. 406.92	S/. 406.92	S/. 67.82	7	S/. 474.74
A	RODAMIENTOS Y POLEA ACOPLADOR HIDRAULICO, RODAMIENTOS, SELLOS Y ESTATOR MOTOR	0.75	6	8	0.17	REPUESTOS & MATERIALES	ACEITE SHELL TELLUS 37	GACEI0011	GALON	5	S/. 19.46	S/. 97.30	S/. 16.22	7	S/. 113.52
A	RODAMIENTOS Y POLEA ACOPLADOR HIDRAULICO, RODAMIENTOS, SELLOS Y ESTATOR MOTOR	0.75	9	12	0.11	REPUESTOS & MATERIALES	GRASA SKF LGHP2	GGRAS0005	KG	0.5	S/. 120.00	S/. 60.00	S/. 6.67	7	S/. 46.67
A	RODAMIENTOS Y POLEA ACOPLADOR HIDRAULICO, RODAMIENTOS, SELLOS Y ESTATOR MOTOR	0.75	6	8	0.17	REPUESTOS & MATERIALES	Rodamiento 6316 / C3	MRODA0009	UN	2	S/. 585.00	S/. 1,170.00	S/. 195.00	7	S/. 1,365.00
A	RODAMIENTOS Y POLEA ACOPLADOR HIDRAULICO, RODAMIENTOS, SELLOS Y ESTATOR MOTOR	0.75	6	8	0.17	REPUESTOS & MATERIALES	Vring - Motor	MVRIN0084	UND	2	S/. 43.00	S/. 86.00	S/. 14.33	7	S/. 100.33

A	RODAMIENTOS Y POLEA ACOPLADOR HIDRAULICO, RODAMIENTOS, SELLOS Y ESTATOR MOTOR	0.75	6	8	0.17	SERVICIOS	BALANCEO MOTOR - ACOPLADORO MECANIZADO DE ASIENTOS Y ALOJAMIENTOS ACOPLADOR	-	UNO	1	S/. 350.00	S/. 350.00	S/. 58.33	7	S/. 408.33
A	RODAMIENTOS Y POLEA ACOPLADOR HIDRAULICO, RODAMIENTOS, SELLOS Y ESTATOR MOTOR	0.75	6	8	0.17	SERVICIOS	CAMBIO RODAMIENTOS, SECADO DE MOTOR, LAVADO DE BOBINAS, BARNIZADO, SECADO, CAMBIO DE BORNES, RECUPERACION ASIENTOS Y ALOJAMIENTOS	-	UND	1	S/. 3,200.00	S/. 3,200.00	S/. 533.33	7	S/. 3,733.33
B	INSPECCIONES + CAMBIOS DE FAJAS SV1000 Y ACEITES + LUBRICACION + CORRECCIONES	0.27	0.27	1	3.70	PLANILLA	HORA HOMBRE MECANICO	-	HORAS- HOMBRE	42	S/. 12.85	S/. 539.65	S/. 1,998.70	7	S/. 13,990.87
B	INSPECCIONES + CAMBIOS DE FAJAS SV1000 Y ACEITES + LUBRICACION + CORRECCIONES	0.27	0.27	1	3.70	PLANILLA	HORA HOMBRE ELECTRICISTA	-	HORAS- HOMBRE	7	S/. 11.68	S/. 81.79	S/. 302.93	7	S/. 2,120.48
B	INSPECCIONES + CAMBIOS DE FAJAS SV1000 Y ACEITES + LUBRICACION + CORRECCIONES	0.27	0.27	1	3.70	REPUESTOS & MATERIALES	FAJA SV1000	GFAJA0040	UN	8	S/. 39.40	S/. 315.23	S/. 1,167.52	7	S/. 8,172.63
B	INSPECCIONES + CAMBIOS DE FAJAS SV1000 Y ACEITES + LUBRICACION + CORRECCIONES	0.27	0.27	1	3.70	REPUESTOS & MATERIALES	ACEITE SHELL TELLUS 37	GACEI0011	GALON	5	S/. 19.46	S/. 97.30	S/. 360.37	7	S/. 2,522.59
B	INSPECCIONES + CAMBIOS DE FAJAS SV1000 Y ACEITES + LUBRICACION + CORRECCIONES	0.27	0.27	1	3.70	REPUESTOS & MATERIALES	Aceite Shell Omala 150	GACEI000S	GALON	2	S/. 26.70	S/. 53.40	S/. 197.78	7	S/. 1,384.44
B	INSPECCIONES + CAMBIOS DE FAJAS SV1000 Y ACEITES + LUBRICACION + CORRECCIONES	0.27	0.27	1	3.70	REPUESTOS & MATERIALES	GRASA ALVANIA EP-2 (P/EXTREMA	GGRAS0001	KG	0.25	S/. 16.73	S/. 4.18	S/. 15.49	7	S/. 108.42
B	INSPECCIONES + CAMBIOS DE FAJAS SV1000 Y ACEITES + LUBRICACION + CORRECCIONES	0.27	0.27	1	3.70	REPUESTOS & MATERIALES	GRASA SKF LGHP 2	GGRAS000S	KG	0.25	S/. 120.00	S/. 30.00	S/. 111.11	7	S/. 777.78

TIPO	REPUESTO OBJETIVO	PERIODO BASE (AÑOS)	PERIODO DE INTERVENCIONES EN AÑOS CALCULADO	NUMERO DE PERIODOS BASE EN QUE SE EFECTUA	N° DE INTERVENCIONES PROMEDIO AL AÑO POR EQUIPO	MAYOR	RECURSO	CODIGO	UND. REC	CANT. REC	COSTO UNIT. (S/.)	COSTO TOTAL EQUIPO (S/.)	COSTO TOTAL ANUALIZADO DE EQUIPO (S/.)	TOTAL MOLINOS A DIC 2008	COSTO TOTAL ANUALIZADO DE MOLINOS (S/.)
B	ADICIONALES REVISIONES DEL SISTEMA DE FRENO	0.17	0.17	1	5.88	REPUESTOS & MATERIALES	HORA HOMBRE MECANICO	-	HORAS- HOMBRE	7	S/. 12.85	S/. 89.94	S/. 529.07	7	S/. 3,703.46
B	ADICIONALES REVISIONES DEL SISTEMA DE FRENO	0.17	0.17	1	5.88	REPUESTOS & MATERIALES	HORA HOMBRE ELECTRICISTA	-	HORAS- HOMBRE	7	S/. 11.68	S/. 81.79	S/. 481.12	7	S/. 3,367.82
B	ADICIONALES REVISIONES DEL SISTEMA DE FRENO	0.17	0.17	1	5.88	REPUESTOS & MATERIALES	PASTILLAS DE FRENO	-	KIT	1	S/. 22.96	S/. 22.96	S/. 135.06	7	S/. 945.41
B	ADICIONALES REVISIONES DEL SISTEMA DE FRENO	0.17	0.17	1	5.88	REPUESTOS & MATERIALES	OTRO ELEMENTO DAÑADO (PRESOSTATO, VALVULA, CAÑERIAS, CAUPER, OTROS)	-	UN	1	S/. 60.00	S/. 60.00	S/. 352.94	7	S/. 2,470.59
B	ADICIONALES REVISIONES DEL SISTEMA DE FRENO	0.17	0.17	1	5.88	SERVICIOS	Rectificación de disco in situ y calibración con pastillas	-	UN	1	S/. 350.00	S/. 350.00	S/. 2,058.82	7	S/. 14,411.76
B	1° INSPECCION SIMPLE (TODOS)	0.75	0.75	1	1.33	PLANILLA	HORA HOMBRE MECANICO	-	HORAS- HOMBRE	35	S/. 12.85	S/. 449.71	S/. 599.61	7	S/. 4,197.26
B	1° INSPECCION SIMPLE (TODOS)	0.75	0.75	1	1.33	PLANILLA	HORA HOMBRE ELECTRICISTA	-	HORAS- HOMBRE	7	S/. 11.68	S/. 81.79	S/. 109.05	7	S/. 763.37
B	1° INSPECCION SIMPLE (TODOS)	0.75	0.75	1	1.33	REPUESTOS & MATERIALES	VARIOS - DETERIOROS IDENTIFICADOS EN INSPECCION	-	UN	1	S/. 30.00	S/. 30.00	S/. 40.00	7	S/. 280.00
B	1° INSPECCION SIMPLE (TODOS)	0.75	0.75	1	1.33	SERVICIOS	VARIOS - NECESIDADES IDENTIFICADAS EN INSPECCION	-	UN	1	S/. 30.00	S/. 30.00	S/. 40.00	7	S/. 280.00
B	2° INSPECCION SIMPLE (TODOS)	0.75	0.75	1	1.33	PLANILLA	HORA HOMBRE MECANICO	-	HORAS- HOMBRE	35	S/. 12.85	S/. 449.71	S/. 599.61	7	S/. 4,197.26
B	2° INSPECCION SIMPLE (TODOS)	0.75	0.75	1	1.33	PLANILLA	HORA HOMBRE ELECTRICISTA	-	HORAS- HOMBRE	7	S/. 11.68	S/. 81.79	S/. 109.05	7	S/. 763.37
B	2° INSPECCION SIMPLE (TODOS)	0.75	0.75	1	1.33	REPUESTOS & MATERIALES	VARIOS - DETERIOROS IDENTIFICADOS EN INSPECCION	-	UN	1	S/. 30.00	S/. 30.00	S/. 40.00	7	S/. 280.00
B	2° INSPECCION SIMPLE (TODOS)	0.75	0.75	1	1.33	SERVICIOS	VARIOS - NECESIDADES IDENTIFICADAS EN INSPECCION	-	UN	1	S/. 30.00	S/. 30.00	S/. 40.00	7	S/. 280.00

TIPO	REPUESTO OBJETIVO	PERIODO BASE (AÑOS)	PERIODO DE INTERVENCIONES EN AÑOS CALCULADO	NUMERO DE PERIODOS BASE EN QUE SE EFECTUA	N° DE INTERVENCIONES PROMEDIO AL AÑO POR EQUIPO	MAYOR	RECURSO	CODIGO	UND. REC	CANT. REC.	COSTO UNIT. (S/.)	COSTO TOTAL EQUIPO (S/.)	COSTO TOTAL ANUALIZADO DE EQUIPO (S/.)	TOTAL MOLINOS A DIC 2008	COSTO TOTAL ANUALIZADO DE MOLINOS (S/.)
B	3° INSPECCION SIMPLE (TODOS)	0.75	0.75	1	1.33	PLANILLA	HORA HOMBRE MECANICO	-	HORAS- HOMBRE	35	S/. 12.85	S/. 449.71	S/. 599.61	7	S/. 4,197.26
B	3° INSPECCION SIMPLE (TODOS)	0.75	0.75	1	1.33	PLANILLA	HORA HOMBRE ELECTRICISTA	-	HORAS- HOMBRE	7	S/. 11.68	S/. 81.79	S/. 109.05	7	S/. 763.37
B	3° INSPECCION SIMPLE (TODOS)	0.75	0.75	1	1.33	REPUESTOS & MATERIALES	VARIOS - DETERIOROS IDENTIFICADOS EN INSPECCION	-	UN	1	S/. 30.00	S/. 30.00	S/. 40.00	7	S/. 280.00
B	3° INSPECCION SIMPLE (TODOS)	0.75	0.75	1	1.33	SERVICIOS	VARIOS - NECESIDADES IDENTIFICADAS EN INSPECCION	-	UN	1	S/. 30.00	S/. 30.00	S/. 40.00	7	S/. 280.00
B	4° INSPECCION SIMPLE (MOLINOS 1,2,3,4,5,6)	0.75	0.75	1	1.33	PLANILLA	HORA HOMBRE MECANICO	-	HORAS- HOMBRE	35	S/. 12.85	S/. 449.71	S/. 599.61	6	S/. 3,597.65
B	4° INSPECCION SIMPLE (MOLINOS 1,2,3,4,5,6)	0.75	0.75	1	1.33	PLANILLA	HORA HOMBRE ELECTRICISTA	-	HORAS- HOMBRE	7	S/. 11.68	S/. 81.79	S/. 109.05	6	S/. 654.32
B	4° INSPECCION SIMPLE (MOLINOS 1,2,3,4,5,6)	0.75	0.75	1	1.33	REPUESTOS & MATERIALES	VARIOS - DETERIOROS IDENTIFICADOS EN INSPECCION	-	UN	1	S/. 30.00	S/. 30.00	S/. 40.00	6	S/. 240.00
B	4° INSPECCION SIMPLE (MOLINOS 1,2,3,4,5,6)	0.75	0.75	1	1.33	SERVICIOS	VARIOS - NECESIDADES IDENTIFICADAS EN INSPECCION	-	UN	1	S/. 30.00	S/. 30.00	S/. 40.00	6	S/. 240.00
B	5° INSPECCION SIMPLE (MOLINO 3)	0.75	0.75	1	1.33	PLANILLA	HORA HOMBRE MECANICO	-	HORAS- HOMBRE	35	S/. 12.85	S/. 449.71	S/. 599.61	1	S/. 599.61
B	5° INSPECCION SIMPLE (MOLINO 3)	0.75	0.75	1	1.33	PLANILLA	HORA HOMBRE ELECTRICISTA	-	HORAS- HOMBRE	7	S/. 11.68	S/. 81.79	S/. 109.05	1	S/. 109.05
B	5° INSPECCION SIMPLE (MOLINO 3)	0.75	0.75	1	1.33	REPUESTOS & MATERIALES	VARIOS - DETERIOROS IDENTIFICADOS EN INSPECCION	-	UN	1	S/. 30.00	S/. 30.00	S/. 40.00	1	S/. 40.00
B	5° INSPECCION SIMPLE (MOLINO 3)	0.75	0.75	1	1.33	SERVICIOS	VARIOS - NECESIDADES IDENTIFICADAS EN INSPECCION	-	UN	1	S/. 30.00	S/. 30.00	S/. 40.00	1	S/. 40.00

TABLA 6.4. TOTALIZACION DE COSTOS DE LA ESTRATEGIA

MAYOR	(Todas)
RECURSO	(Todas)
TIPO	(Todas)

Etiquetas de fila	Valores Suma de COSTO UNIT. (S/.)	Suma de COSTO TOTAL EQUIPO (S/.)	Suma de COSTO TOTAL ANUALIZADO DE EQUIPO (S/.)	Suma de COSTO TOTAL ANUALIZADO DE MOLINOS (S/.)
EJE-POLEA, FAJAS 5V2120, DISCO DE FRENO, ASIENTOS RODAMIENTO E Y F	S/. 5,754.85	S/. 9,311.80	S/. 1,551.97	S/. 10,863.76
FAJAS E441	S/. 6,131.74	S/. 6,604.82	S/. 8,806.42	S/. 61,644.97
POLEA 17 CANALES E (PRIMERA TRANSMISION)	S/. 11,927.59	S/. 11,953.29	S/. 1,992.22	S/. 13,945.51
RODAMIENTO A DEL TAMBOR (MOTRIZ)	S/. 4,112.63	S/. 5,077.48	S/. 564.16	S/. 3,949.15
RODAMIENTO B DEL TAMBOR (CONDUCIDO)	S/. 4,112.63	S/. 5,019.06	S/. 478.01	S/. 3,346.04
RODAMIENTO C Y D (PRIMERA TRANSMISION)	S/. 10,088.44	S/. 11,184.66	S/. 1,242.74	S/. 8,699.18
RODAMIENTOS Y POLEA ACOPLADOR HIDRAULICO, RODAMIENTOS, SELLOS Y ESTATOR MOTOR	S/. 5,178.43	S/. 6,707.47	S/. 1,114.58	S/. 7,802.05
INSPECCIONES + CAMBIOS DE FAJAS 5V1000 Y ACEITES + LUBRICACION + CORRECCIONES	S/. 246.82	S/. 1,121.55	S/. 4,153.89	S/. 29,077.21
ADICIONALES REVISIONES DEL SISTEMA DE FRENO	S/. 457.49	S/. 604.69	S/. 3,557.01	S/. 24,899.05
1° INSPECCION SIMPLE (TODOS)	S/. 84.53	S/. 591.50	S/. 788.66	S/. 5,520.63
2° INSPECCION SIMPLE (TODOS)	S/. 84.53	S/. 591.50	S/. 788.66	S/. 5,520.63
3° INSPECCION SIMPLE (TODOS)	S/. 84.53	S/. 591.50	S/. 788.66	S/. 5,520.63
4° INSPECCION SIMPLE (MOLINOS 1,2,3,4,5,6)	S/. 84.53	S/. 591.50	S/. 788.66	S/. 4,731.97
5° INSPECCION SIMPLE (MOLINO 3)	S/. 84.53	S/. 591.50	S/. 788.66	S/. 788.66
Total general MANTENIMIENTO PREVENTIVO	**S/. 48,433.30**	**S/. 60,542.29**	**S/. 27,404.30**	**S/. 186,309.4S**
% COSTO CORRECTIVO DEL TOTAL				10.00%
Total general MANTENIMIENTO CORRECTIVO				**S/. 20,701.05**
TOTAL COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL SOLES				**S/. 207,010.50**
TIPO DE CAMBIO (SOLES) A DICIEMBRE 2008				**S/. 2.90**
TOTAL COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL DOLARES				**$71,382.93**
METROS CUADRADOS ANUALES 2008 PLANTA 1				7800000
COSTO POR METRO CUADRADO DE LA ESTRATEGIA				$0.0092

6.3. PRESUPUESTO DE LA EMPRESA ASIGNADO PARA LA MANTENCIÓN DE LOS OBJETOS DE ESTUDIO

TABLA 6.5. RESUMEN PRESUPUESTARIO 2008 (FUENTE: CERAMICA SAN LORENZO)

ZONA	ene-08		feb-08		mar-08		abr-08		may-08		jun-08	
	Repuestos	Servicios	Repuestos	Servicios	Repuestos	Servicios	Repuestos	Servicios	Repuestos	Servicios	Repuestos	Servicios
MOLINO PASTA	1.31	0.66	1.65	1.13	1.50	0.89	1.52	0.67	1.38	0.77	1.66	0.67
ATM	0.96	0.65	1.01	0.66	1.43	0.50	0.74	0.55	0.81	0.34	1.43	0.51
MOLINO ESMALTE	0.50	0.43	0.75	0.46	0.70	1.13	0.89	0.38	1.28	0.37	0.87	0.30

ZONA	jul-08		ago-08		sep-08		oct-08		nov-08		dic-08	
	Repuestos	Servicios	Repuestos	Servicios	Repuestos	Servicios	Repuestos	Servicios	Repuestos	Servicios	Repuestos	Servicios
MOLINO PASTA	1.48	0.43	1.79	0.72	1.70	0.75	1.11	0.75	1.37	0.78	0.89	0.63
ATM	1.54	0.52	0.83	0.59	1.59	0.27	1.00	0.51	0.91	0.32	1.06	0.27
MOLINO ESMALTE	0.51	0.44	0.79	0.38	0.81	0.38	0.46	0.41	0.47	0.31	0.46	0.45

ZONA	REP	SER	MO	TOTAL (CV $)	TOTAL $	50% SUPUESTO PARA LOS COMPONENTES EVALUADOS EN LOS MOLINOS DE PASTA
MOLINO PASTA	1.38	0.74	0.70	2.81	$0.0281	$0.0141

6.4. COMPARACIÓN DE LOS COSTOS DE LA EJECUCIÓN DE LA ESTRATEGIA FINAL CALCULADA CON EL PRESUPUESTO ASIGNADO PARA LA MANTENCIÓN DE LOS OBJETOS DE ESTUDIO

COSTO POR METRO CUADRADO DE LA ESTRATEGIA	$0.0092
COSTO PROMEDIO POR METRO CUADRADO	
PRESUPUESTO 2008	$0.0140
AHORRO EN EL COSTO POR METRO CUADRADO	$0.0048

6.5. VIABILIDAD DEL PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN EN FUNCIÓN AL AHORRO PRESUPUESTARIO

Se realiza el cálculo del costo promedio ponderado del capital o CPPC según fórmulas 3.42 y 3.43 dispuestas en una hoja de cálculo del Excel mostrado. El análisis económico de la parte proyectizable se ejecuta considerando las fórmulas 3.40 y 3.41, empleando también una hoja de Excel (los resultados se muestran en la tabla 6.6.).

CALCULO DEL CPPC O WACC A USAR

Calcular la Tasa de descuento apropiada

Kd = Rf + Bl (Rm-Rf) + Riesgo Pais

De donde

Riesgo Pais $EMBI_{PERU} \times (\sigma_{IGBVL}) / (\sigma_{B2001S})$

Calculando el Kd

Rf	3.72%
Bl	0.54
Rm-Rf	9%
$EMBI_{PERU}$	2.08%
$(\sigma_{IGBVL}) / (\sigma_{I}$	1.87
Kd	**12.37%**

Calculando el WACC

WACC : D/C x Rbx(1-tax) + P/C x Kd

WACC	**11.32%**

Beta de la Industria (materiales de construcción)			
Bul	**0.49**	(OBTENIDO de www.damodaran.com)	
Bl	**0.54**		
Estructura de endeudamiento de la empresa objetivo			
Deuda Financiera	302,749	(millones de soles)	Datos del
Patrimonio	1,775,154	(millones de soles)	balance
Capitalizacion	2,077,903	(millones de soles)	2008
D/C	**14.57%**		
TAX	**36.00%**		

Estimando el Costo Financiero

Rb : Rfajustado +((Dx(1-tax) x (Kd - Rfajustado) / P + Dx(1-tax)]

Rfajustado	**7.60%**
Rb	**8.07%**

TABLA 6.6. ANALISIS ECONOMICO DE LA PARTE PROYECTIZABLE DE LA ESTRATEGIA

Inversión (Costos proyectizables de la estrategia)		15710.0858								
Traslado e instalación		0								
Horizonte		10	años							
Ahorro		0.00484834								
Depreciación anual		1571.00858	Lineal en 10 años							
Valor de rescate		0								
Tasa de impuesto		36%	anual							
CPPC -WACC		11%	anual							
Producción 2008		7920000								
Tasa de crecimiento anual de la producción		6%								
PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Producción estimada	8395200.00	8898912.00	9432846.72	9998817.52	10598746.57	11234671.37	11908751.65	12623276.75	13380673.36	14183513.76
Ahorro	$40,702.80	$43,144.97	$45,733.67	$48,477.69	$51,386.35	$54,469.53	$57,737.70	$61,201.97	$64,874.08	$68,766.53
Depreciación	$1,571.01	$1,571.01	$1,571.01	$1,571.01	$1,571.01	$1,571.01	$1,571.01	$1,571.01	$1,571.01	$1,571.01
EBIT	$39,131.79	$41,573.96	$44,162.66	$46,906.68	$49,815.34	$52,898.52	$56,166.70	$59,630.96	$63,303.08	$67,195.52
Impuesto	$14,087.45	$14,966.63	$15,898.56	$16,886.41	$17,933.52	$19,043.47	$20,220.01	$21,467.14	$22,789.11	$24,190.39
	$25,044.35	$26,607.34	$28,264.10	$30,020.28	$31,881.82	$33,855.05	$35,946.68	$38,163.81	$40,513.97	$43,005.13
Depreciación	$1,571.01	$1,571.01	$1,571.01	$1,571.01	$1,571.01	$1,571.01	$1,571.01	$1,571.01	$1,571.01	$1,571.01
Valor de recupero neto	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00
Flujo de caja	$26,615.36	$28,178.34	$29,835.11	$31,591.28	$33,452.83	$35,426.06	$37,517.69	$39,734.82	$42,084.98	$44,576.14
-$15,710.09	$26,615.36	$28,178.34	$29,835.11	$31,591.28	$33,452.83	$35,426.06	$37,517.69	$39,734.82	$42,084.98	$44,576.14
VAN	**$208,595.96**									
TIR	**175.28%**									

3) En el caso de reemplazo de poleas sin sustitución de los rodamientos del eje donde van montados, estas deben extraerse preferiblemente cortadas o con calentamiento del agujero a fin de evitar cargas axiales por el desmontaje o montaje y dañar el rodamiento que aún va a permanecer. Y en el caso de los rodamientos del tambor estos deben ajustarse su juego radial empleando la herramienta hidráulica adecuada y no la artesanal que viene siendo empleada, para evitar a la vez daños prematuros al mismo.

4) Para asegurar la certeza de cumplimiento de la estrategia, la misma que asciende a 90% (según investigaciones de los fabricantes que dedujeron las fórmulas empíricas de vida útil empleadas), se debe establecer un ciclo de paradas en paralelo de actividades de inspección y ajustes con paradas iguales como máximo a un turno (8 horas – MANTENIMIENTO TIPO B)" con un intervalo entre la entrega de un molino reparado al cliente interno y el inicio de la intervención a otro de forma no constante, a consecuencia, de que el período de intervención a un mismo molino (es decir, la repetición inmediata de un mantenimiento tipo "B"), que fue hallado mediante cálculos estadísticos resultó no constante a excepción del molino 7.

5) La estrategia planteada a priori (propuesta inicial de niveles y periodos de mantenimiento preventivo), fruto de las reuniones entre mantenimiento y el cliente interno laboratorio cerámico, NO es la más idónea y por tanto se ha tenido que efectuar los reajustes indicados en las conclusiones 1 y 2 para conseguir su aceptación siguiendo el diseño de contrastación científica

planteado. La nueva estrategia resultante es más ventajosa para el cliente interno que la inicial, ya que la frecuencia de paradas de una semana disminuye dándole más tiempo de producción. Las paradas cortas (menores a un turno) siguen en promedio lo inicialmente planteado aunque no de forma constante sino mayormente creciente.

6) Dentro del gasto corriente, en concordancia con lo calculado, se observó que muchos períodos de recambio superan el ejercicio contable (un año), y los gastos por recambio son apreciables en referencia al presupuesto disponible. De continuarse considerando el monto total del repuesto como gasto en el instante de utilización, definitivamente van a haber picos que superaran el presupuesto e incluso provocarían una realización del mismo de forma errática. Por ello se ha considerado proponer contablemente su provisión al gasto incluso antes del instante de utilización (algo como un ahorro), de modo tal que se tendría que considerar como costo anual lo amortizado teniendo como periodo de amortización el tiempo de recambio calculado.

7) Según lo indicado en el punto 4, se obtuvo un gasto medio anual preventivo (considerando las intervenciones A y B) de S/. 186309.45 nuevos soles. Considerando que este monto representa el 90% del costo total de mantenimiento (el restante 10% es correctivo considerando la probabilidad en términos de tiempo igual en términos de dinero), se obtuvo un costo total de mantenimiento de S/. 207010.50 nuevos soles. Considerando como punto de análisis a finales del año 2008, se valorizó este monto en

dólares según el tipo de cambio promedio a finales de este año, y a su vez se halló el costo unitario por metro cuadrado producido (considerando el total producido en dicho año), el mismo que asciende a $0.0092 / m2. Comparando con lo presupuestado en el año 2008 se obtiene un ahorro de $0.0048.

8) El costo total a ser considerado proyecto de inversión, asciende a $15710 dólares americanos. Para obtener su aprobación por la alta dirección y el holding, este se ha sometido a una evaluación de viabilidad en función al ahorro obtenido (se ha considerado el crecimiento de la producción anualmente en 6%, un período de recuperación de 10 años que es el período legal bajo el método de vía recta, y un costo promedio ponderado de capital de 11.32% calculado en función a indicadores económicos publicados en internet, las cuentas de balance y las fórmulas económicas correspondientes). La evaluación da cuenta de un VAN positivo ascendiente a $208595.96 y un TIR de 175.78%, lo cual hace deducir que el proyecto es muy viable.

Por tanto queda contrastado la estrategia final desde el punto de vista económico.

CONCLUSIONES

1) Del estudio se arriba a que se debe parar cada molino una semana para hacerle todas las actividades necesarias para que no falle hasta la siguiente intervención (MANTENIMIENTO TIPO A) con un intervalo entre la entrega de un molino reparado al cliente interno y el inicio de la intervención a otro de 4 semanas de modo que cada 34 a 39 semanas (holgura de 5 semanas entre ciclos para contrarrestar alguna distorsión del plan o la inclusión de un molino nuevo por ampliación) tras la finalización de la intervención al primer molino se le vuelva a intervenir, es decir, a repetir el ciclo de intervenciones "A".

2) Las actividades serán de recambio obligatorio según una cierto múltiplo de intervenciones tipo A basadas en los resultados de calcular la vida útil de los elementos críticos y en criterios objetivos de montaje, los mismos que se exponen en la tabla 5.21. En los múltiplos de intervenciones que no corresponda un recambio se debe efectuar una revisión sumamente exhaustiva de cada componente: juego radial, inspección visual con ayuda de sondas, análisis exhaustivo del aceite (con un analizador que nos brinde cifras precisas), lavados, recambios de aceites y grasas, o sustituciones con un componente stand by (especialmente el conjunto motor-acoplador hidráulico) al cual se le haya efectuado estas revisiones (puede ser de otro molino al que anteriormente se le ejecutó este mantenimiento).

RECOMENDACIONES

1) En los diagramas de cuerpo libre del molino se aproximaron varias cargas distribuidas a cargas puntuales. Asimismo se consideró las condiciones geométricas nominales de las transmisiones por fajas más no se hizo un mayor análisis en otras posiciones de templado que varían las condiciones de fuerza. Tampoco se hicieron estudios sobre lo que sucedería si el equipo sigue funcionando con menos fajas en algunas de sus transmisiones por rotura o volteo. Seguro que con estas consideraciones la vida útil de los componentes tendría una variación sustancial de la hallada, y se tendría que buscar un promedio asignando probabilidades a un cierto número importante de situaciones posibles.

   Se recomienda mejorar los análisis para encontrar una mayor exactitud y así progresivamente hacer las modificaciones que se requiera en el plan, aun este ya este se encuentre corriendo.

2) Se recomienda profundizar en el análisis económico de la estrategia planteada haciendo un análisis de sensibilidad del mismo para condiciones en donde el gasto preventivo sea menor al 90% del total.

3) Se recomienda considerar profundizar en las técnicas predictivas planteadas de análisis de aceite y vibracional de forma computarizada (con almacenamiento y procesamiento de datos) y tratarla como una estrategia

separada inclusive en el análisis de costo de la empresa. Es necesario, para ello, un software CMMS que sirva para un control adecuado y un mejor histórico que el Excel. La empresa ha venido empleado el sistema JDEDWARDS-ONE WORLD para este fin, aunque ha tenido problemas de licencias y de falta de una persona responsable; se considera que se debe considerar un proyecto de inversión para mejorar lo existente (aún se cuenta con ahorro respecto a lo presupuestado, suficiente para viabilizar proyectos adicionales, que le den confiabilidad y sostenibilidad a la estrategia planteada).

4) A nivel académico, se recomienda a la universidad aperturar un área de investigación en mantenimiento y confiabilidad, que desarrolle o recopile fórmulas empíricas para calcular la vida útil de otros elementos como el bobinado de un motor en diversas condiciones, o los sellos en un pistón o de manera más exacta los elementos de desgaste de sistemas de freno. Esto ayudaría a generar estrategias similares al desarrollado en el presente trabajo, para otras aplicaciones, y así hacer una gestión más coherente con el conocimiento científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **SACMI.** Mantenimiento. *Manual de instrucciones 185.07.A02 Molinos de tambor discontinuos.* Imola, Italia : Documento en PDF, 2001, págs. 25-29.

2. **Gómez Sanchez, Rubén.** *Nuevas técnicas de gestión de mantenimiento.* Lima : Colegio de ingenieros del Perú, 1995.

3. **Paredes, Francis.** *Seminario Taller Mantenimiento Productivo Total* [Diapositivas en power point] Lima : AM Business Division Seminarios, 2007.

4. **Moubray, John.** *Manual de mantenimiento centrado en la confiabilidad.* 2007.

5. **Ferrari, Romano.** Los molinos de bolas y el molido de esmaltes aporcelanados . *Ceramica Informacion.* N° 15, Agosto 1975.

6. **Garrido, Rosa.** *Apuntos del curso de Métodos Numéricos de la Facultad de Ingeniería Mecánica UNI.* Lima : Uso interno, 1998.

7. **Venero, Armando.** Área de una región expresada como integral de línea. *Matemáticas III.* Lima : EDICIONES GEMAR, 2006, págs. 354-360.

8. **Aceijas, Manuel.** *Apuntes del curso de Matemáticas II de la Facultad de Ingeniería Mecánica UNI.* Lima : Uso interno, 1996.

9. **Alva, Fortunato.** Rodamientos. *Diseño de elementos de máquinas II.* Lima : EDIMCA, 1999, págs. 100-205, 380-406.

10. **Grupo Internacional SKF.** Página web en español de SKF/Productos/Catálogo Interactivo de Ingeniería/Rodamientos/Principios para la selección y aplicación de los rodamientos/Selección del tamaño del rodamiento/[todos los vínculos]. [En línea] [Citado el: 2009 de 5 de 10.] http://www.skf.com/portal/skf/home/?lang=es.

11. **Gonzales Rey, Gonzalo.** *Apuntes para el cálculo de transmisiones por correas en V.* [Documento en PDF] La Habana, Cuba : Edición elaborada para la asignatura Componèntes Mecánicos de la Maestría de Diseño Mecánico de la Facultad de Ingenieria Mecánica del Instituo SuperiorPolitécnico José A. Echevarría de La Habana, 1999.

12. **Alva Dávila, Fortunato.** Transmisiones flexibles. *Diseño de elementos de máquinas I.* Lima : Pool Producciones, 2002, págs. 43-95.

13. **SIEMENS.** Catálogo de elementos en baja tensión 2005. *Página de visualización de documentos virtuales scribt.* [En línea] [Citado el: 31 de 05 de 2009.] http://www.scribd.com/doc/19402613/Catalogo-Baja-Tension-Siemens.

14. **Pascual, Rodrigo.** *Gestión moderna del mantenimiento.* [Documento en PDF] Santiago, Chile : Departamento de Ingeniería Mecánica Universidad de Chile, 2002. Versión 2.

15. **Goyzueta, Telmo.** *Apuntes del curso de Ingeniería de Mantenimiento Facultad de Ingeniería Mecánica UNI.* Lima : Dictados de clase, 2000.

16. **Minitab Inc.** *Tutorial del software de soporte estadístico minitab.* [Documento interno del software (ayuda)] Miami, USA : Minitab Inc., 2006. Version 15.

17. **Microsoft Inc.** *Ayuda de software Microsoft Excel sobre funciones estadísticas y complementos estadísticos.* [Documento interno del software] 2007. Version 2007.

18. **Levin, Richard y Rubin, David.** Métodos no paramétricos. *Estadística para administradores.* Mexico : Prentice Hall Hispanoamericana SA, 1996.

19. **F. Brigham, Eugene y F.Houston, Joel.** *Fundamentos de Administración Financiera.* s.l. : Thomson, 2005. Décima edición.

20. **Lourival Tavares, Augusto.** *Administración moderna del mantenimiento.* [Documento en PDF] Río de Janeiro, Brasil : Empresa DATASTREAM - Disponible actualmente en http://www.mantenimientomundial.com/sites/Libro/lourival.asp, 2000.

21. **Bunge, Mario.** ¿Qué es y a qué puede aplicarse el método científico? *Epistemología.* México : Siglo Veintiuno, 1980, págs. 28-45.

22. —. Tecnología y filosofía. *Epistemología.* México : Siglo veintiuno, 1980, págs. 205-232.

23. **Carrillo, Francisco.** *Cómo hacer la tesis y el trabajo de investigación.* Lima : Ediciones Horizonte, 1998. Novena edición.

24. **Cerámica San Lorenzo SAC.** Página Web de Cerámica San Lorenzo SAC/[todos los vínculos]. [En línea] [Citado el: 15 de Mayo de 2009.] http://www.sanlorenzo.com.pe.

25. **SACMI.** Figura 2.1. *Manual de Instrucciones 185.07.A02 Molinos de tambor discontinuos.* Imola, Italia : Documento en PDF, 2001, pág. 10.

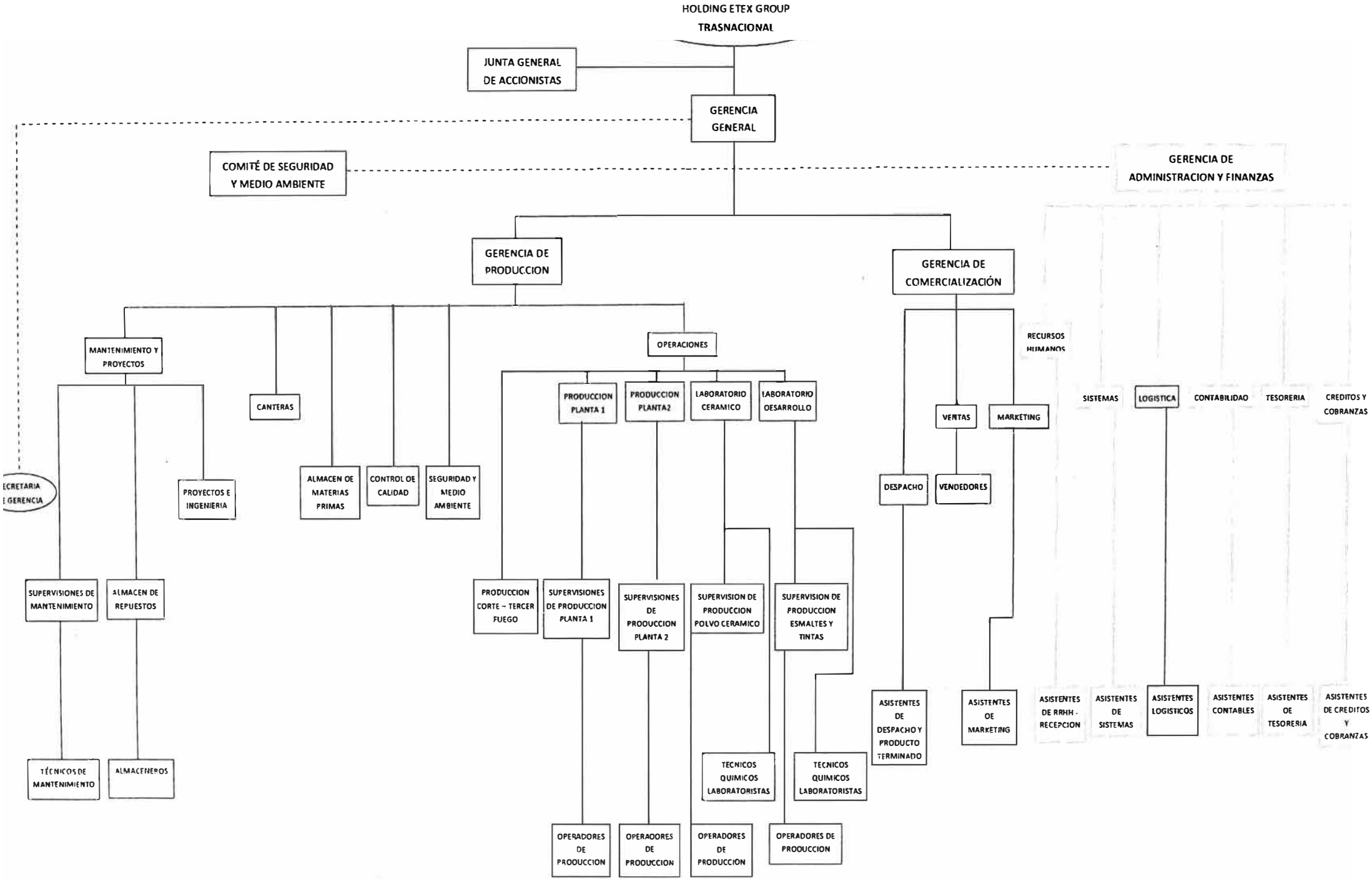
26. **Ugarte Palacín, Francisco.** Fuerzas sobre superficies planas y curvas. *Mecánica de fluídos.* Segunda Edición. Lima : Editorial San Marcos, 1990, págs. 80-96.

27. **Cerámica San Lorenzo SAC.** *Fotos y presentaciones internas de Cerámica San Lorenzo SAC.* Lima : s.n., 2009.

28. **Rodríguez, Jorge.** *Sistemas informáticos para la gestión del mantenimiento de moliendas de Cerámica San Lorenzo SAC.* [Aplicativos en windows, excel, otros] Lima : Cerámica San Lorenzo SAC, 2007-2009.

ANEXO 1

ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA


HOLDING ETEX GROUP
TRASNACIONAL
JUNTA GENERAL DE ACCIONISTAS
GERENCIA GENERAL
COMITÉ DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE
GERENCIA DE ADMINISTRACION Y FINANZAS
GERENCIA DE PRODUCCION
GERENCIA DE COMERCIALIZACIÓN
MANTENIMIENTO Y PROYECTOS
CANTERAS
OPERACIONES
RECURSOS HUMANOS
SISTEMAS
LOGISTICA
CONTABILIDAO
TESORERIA
CREDITOS Y COBRANZAS
VENTAS
MARKETING
ECRETARIA E GERENCIA
PROYECTOS E INGENIERIA
ALMACEN OE MATERIAS PRIMAS
CONTROL OE CALIDAD
SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE
PRODUCCION PLANTA 1
PRODUCCION PLANTA2
LABORATORIO CERAMICO
LABORATORIO OESARROLLO
DESPACHO
VENDEDORES
SUPERVISIONES DE MANTENIMIENTO
ALMACEN DE REPUESTOS
PRODUCCION CORTE – TERCER FUEGO
SUPERVISIONES DE PRODUCCION PLANTA 1
SUPERVISIONES DE PRODUCCION PLANTA 2
SUPERVISION DE PRODUCCION POLVO CERAMICO
SUPERVISION DE PRODUCCION ESMALTES Y TINTAS
ASISTENTES DE DESPACHO Y PRODUCTO TERMINADO
ASISTENTES OE MARKETING
ASISTENTES DE RRHH - RECEPCION
ASISTENTES DE SISTEMAS
ASISTENTES LOGISTICOS
ASISTENTES CONTABLES
ASISTENTES OE TESORERIA
ASISTENTES DE CREDITOS Y COBRANZAS
TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO
ALMACENEROS
TECNICOS QUIMICOS LABORATORISTAS
TECNICOS QUIMICOS LABORATORISTAS
OPERADORES DE PRODUCCION
OPERADORES DE PRODUCCION
OPERADORES DE PRODUCCION
OPERADORES DE PRODUCCION

ORGANIZACIÓN POR NIVELES:

NIVEL 1: GERENCIA GENERAL

NIVEL 2: GERENCIAS ASISTENTES DE ASESORIA Y/O COMITES DE GESTION

NIVEL 3: GERENCIAS ASISTENTES EJECUTIVAS (DE LINEA)

CON PODERES DE ESCRITURA PUBLICA REPRESENTAN A LA EMPRESA FRENTE A TERCEROS CON DERECHO REGISTRAL – CONTRATOS A PLANILLA ESTABLE CON PERIODOS DE PRUEBA DE 1 AÑO – GRADOS ACADEMICOS MINIMOS DE MAESTRIA TITULADOS Y COLEGIADOS

NIVEL 4: SUBGERENCIAS

NIVEL 5: JEFATURAS

NIVEL 6: COORDINACIONES - SECRETARIAS DE GERENCIA - SECRETARIAS COMERCIALES – FUERZA DE VENTAS

PUEDEN SOLAMENTE EJERCER MANDATOS REGISTRALES – SU REPRESENTACION FRENTE A TERCEROS ES DE DERECHO CIVIL – CONTRATOS A PLANILLA ESTABLE CON PERIODOS DE PRUEBA DE 3 MESES – GRADO MAESTRIA PREFERENTE – TITULADO OBLIGATORIO

NIVEL 7: SUPERVISIONES

NIVEL 8: ASISTENTES

NIVEL 9: TÉCNICOS

NIVEL 10: OPERADORES O AUXILIARES ADMINISTRATIVOS

MANO DE OBRA – CONTRATOS A PLANILLA ESTABLE PREVIO CONTRATOS INICIALES POR MODALIDAD DE POR LO MENOS 1 AÑO O INTERMEDIACION LABORAL SEGÚN MERCADO Y ACUERDOS SINDICALES – PARA SUPERVISORES Y ASISTENTES ADMINISTRATIVOS : BACHILLERES UNIVERSITARIOS; PARA TECNICOS Y ASISTENTES OPERATIVOS: TECNICOS; PARA OPERADORES O AUXILIARES SECUNDARIA COMPLETA Y UNA CARRERA TECNICA MENOR A 1 AÑO

NIVELES INFERIORES AL 10 SIN VINCULACION LABORAL DIRECTA:

A : AYUDANTES, OPERADORES EN TRAINING O PERSONAL DE LIMPIEZA ESPECIALIZADA (CONTRATADOS VIA SERVICIOS TEMPORALES O FORMACION LABORAL)

B: PRACTICANTES PROFESIONALES (CONVENIOS DE PRACTICA PROFESIONAL)

C: PRACTICANTES PREPROFESIONALES – APRENDICES SENATI (CONVENIOS DE PRACTICA PRE PROFESIONAL O DE APRENDIZAJE)

D: PERSONAL DE LIMPIEZA – PERSONAL DE SEGURIDAD (CONTRATADOS VIA SERVICIOS COMPLEMENTARIOS)

ANEXO 2

INFORMACION CATASTRAL MOLINO DE PASTA

cerámica SAN LORENZO

MAQUINA :	MOLINO MTD340					
COMPONENTE:	ESTRUCTURA DE SOPORTE					
MARCA :	SACMI					
ITEM	COMPONENTE	REPUESTO	DENOMINACION	CODIGO ALMACEN / PLANO	LUBRICANTE	CODIGO ALMACEN DEL LUBRICANTE
1	Columnas soporte de	-	-	-	-	-
2	Bancada unidad motriz	4TUERCAS ANCLAJE UNIDAD MOTRIZ AL CONCRETO	4 Tuercas M30 paso 3.5 clase 8.8 ajustable con llave 46	-	-	-
		4 PERNOS TEMPLADORES	Kit templador	-	-	-
3	Puertas	-	-	-	-	-

cerámica SAN LORENZO

MAQUINA :	MOLINO MTD340					
COMPONENTE:	CUERPO DE MOLINO					
MARCA :	SACMI					
ITEM	COMPONENTE	REPUESTO	DENOMINACION	CODIGO ALMACEN / PLANO	LUBRICANTE	CODIGO ALMACEN DEL LUBRICANTE
1	Cilindro	1 CARCAZA CILINDRICA + EJES MUÑONES	-	-	-	-
		FORROS DE JEBE	-	-	-	-
		PERNOS DE FORROS	-	-	-	-
2	Chumacera del tambor lado pared	1 RODAMIENTO RADIAL DE RODILLOS CILINDRICOS CONTACTO ANGULAR AGUJERO CONICO	Rodamiento 23060 CCK / W33 C3 (Cod. SACMI 1.090.022) D=460, d=300, B=118, C=1630kN, Co=1900kN, RPM max aceite= 800	MCOJI1003 / MRODA0005	Aceite Shell Omala 150	GACEI0005
		1 MANGUITO DE FIJACION H3060	Manguito de fijacion H3060 (Cod. SACMI 1.090.023)	MCASQ1020 / MMGUI0003	-	-
		1 ANILLO GUIA DE SOPORTE ENTERIZO DE PIE	Anillo guia separador (Cod. SACMI MTD 34001008)	MANILL0001 - PLANO N° 36	-	-
		1 V-RING LADO TAMBOR	Anillo de retención FR V-Seal VA0350 (Cod. SACMI 5.001.050)	MANIL1008	-	-
		1 SOPORTE ENTERIZO DE PIE	-	MSOPO1064	-	-
		1 TAPA DE SOPORTE	-	MCASQ1021	-	-
		1 PERNOS SUJECCION TAPA DE SOPORTE + ARANDELA DE PRESION	Pernos socket grado 8 rosca corriente M12 x 35 + Arandela de presion M12	GPERN0240	-	-
		2 PERNOS DE ANCLAJE DE CHUMACERA A LA PLANCHA + ARANDELAS PLANAS + ARANDELAS DE PRESION	Perno hexagonal M36 x 4 x 110 clase 8.8 (grado SAE 5) ajustable con llave 55	-	-	-
		1 O'RING DE LA TAPA DE CHUMACERA	O´ring 4mm x 1000mm	-	-	-
		2 TAPAS DE CARGA Y DESCARGA DE ACEITE	-	-	-	-
		1 PLANCHA BASE DE CHUMACERA	-	-	-	-
		2 TUERCAS PARA ANCLAJE DE PLANCHA BASE A COLUMNA	Tuerca M36 paso 4mm clase 8.8 ajustable con llave 55	-	-	-
		1 VISOR	-	-	-	-

ITEM	COMPONENTE	REPUESTO	DENOMINACION	CODIGO ALMACEN / PLANO	LUBRICANTE	CODIGO ALMACEN DEL LUBRICANTE
3	Chumacera del tambor lado balsas	1 RODAMIENTO RADIAL DE RODILLOS CILINDRICOS CONTACTO ANGULAR AGUJERO CONICO	Rodamiento 23060 CCK / W33 C3 (Cod. SACMI 1.090.022) D=460, d=300, B=118, C=1630kN, Co=1900kN, RPM max aceite= 800	MCOJI1003	Aceite Shell Omala 150	GACEI0005
		1 MANGUITO DE FIJACION H3060	Manguito de fijacion H3060 (Cod. SACMI 1.090.023)	MCASQ1020	-	-
		1 ANILLO GUIA DE SOPORTE ENTERIZO DE PIE	Anillo guia separador (Cod. SACMI MTD 34001008)	MANILL0001 - PLANO N° 39	-	-
		1 V-RING LADO TAMBOR	Anillo de retención FR V-Seal VA0350 (Cod. SACMI 5.001.050)	MANIL1008	-	-
		1 SOPORTE ENTERIZO DE PIE	-	-	-	-
		1 TAPA DE SOPORTE	-	-	-	-
		1 PERNOS SUJECCION TAPA DE SOPORTE + ARANDELA DE PRESION	Pernos socket grado 8 rosca corriente M12 x 35 + Arandela de presion M12	GPERN0240	-	-
		1 PERNOS DE ANCLAJE DE CHUMACERA + ARANDELAS PLANAS + ARANDELAS DE PRESION	Perno hexagonal M36 x 4 x 110 clase 8.8 (grado SAE 5) ajustable con llave 55	-	-	-
		1 O'RING DE LA TAPA DE CHUMACERA	O'ring 4mm x 1000mm	-	-	-
		2 TAPAS DE CARGA Y DESCARGA DE ACEITE	-	-	-	-
		1 PLANCHA BASE DE CHUMACERA	-	-	-	-
		2 TUERCAS DE ANCLAJE DE PLANCHA BASE A COLUMNA	Tuerca M36 paso 4mm clase 8:8 ajustable con llave 55	-	-	-
		1 VISOR	-	-	-	-
4	Tapa de carga (grande)	TAPA COMPLETA	Tapa completa (Cod. SACMI MTD 340.019.09)	MESCO1001	-	-
		1 TAPA DE ALUMINIO	TAPON (Cod. SACMI MTD 340.01.012)	MTAPO1005	-	-
		1 DISTANCIADOR ENTRE TAPA DE ALUMINIO Y TAPON	Se usa 0.6m de jebe de 1/2" y se corta según la circunferencia que forma el tapon de jebe y se hacen huecos con sacabocado	GJEBE0004	-	-
		1 VALVULA DE PASO AIRE COMPRIMIDO	Valvula esférica 1"	GVALV0007	-	-
			Niple 1" x 2"	GNIPL0011	-	-
			Valvula esférica 1 1/4 "	GVALV0005	-	-
			Bushing 1 1/4" a 1/2"	-	-	-
		1 BUSHING 1" a 1/2"	Bushing 1" a 1/2"	GBUJI0008	-	-
		1 CONECTOR EN GARRA 1/2" ROSCA EXTERIOR	Conector en garra 1/2" rosca exterior	GACOP0003 (si no hay usar GACOP0005 con un niple 1/2"x2")	-	-
		4 PERNOS DE SUJECCION TAPA ALUMINIO CON EL TAPON SELLANTE DE JEBE + ARANDELAS PLANAS	Perno hexagonal M10x70+ Arandela plana M10	-	-	-
		4 PERNO ESPECIAL DE SUJECCION TAPA AL CILINDRO	-	MPERN0001 - GCANA0007	-	-
		4 PERNO PASANTE P/ SUJETAR PERNO ESPECIAL A LA TAPA DE ALUMINIO + 8 TUERCAS	Perno hexagonal M12x100 + Tuerca M12	-	-	-
		1 TAPON SELLANTE DE JEBE	TAPON (Cod. SACMI MTD 340.01.015)	GTAPO1005	-	-
5	Tapa de trabajo (chica)	TAPA COMPLETA	Tapa completa (Cod. SACMI MTD 340.01.910)	-	-	-
		1 TAPA DE ALUMINIO	Tapon (Cod. SACMI MTD 340.01.039)	MTAPO1003	-	-
		4 CANCAMOS CHICOS		GCANA0008	-	-
		1 REVESTIMIENTO SELLANTE DE JEBE	Revestimiento (Cod. SACMI MTD 340.01.041)	MREVS1001	-	-
6	Tapa de descarga (chica)	TAPA COMPLETA	Tapa completa (Cod. SACMI MTD 340.01.905)	-	-	-
		1 TAPA DE ALUMINIO	Tapon (Cod. SACMI MTD 340.01.040)	-	-	-
		1 VALVULA ESPECIAL DE BRONCE EN T	Grifo (Cod. SACMI 5.176.104)	MGRIF1001	-	-
		1 ACOPLE KAMLOCK MACHO 3" ROSCA METRICA FINA	-	-	-	-
7	Posicionador	-	-	-	-	-

cerámica SAN LORENZO

MAQUINA :	MOLINO MTD340
COMPONENTE:	SEGUNDA TRANSMISION
MARCA :	SACMI

ITEM	COMPONENTE	SUB-COMPONENTE	REPUESTO	DENOMINACION	CODIGO ALMACEN / PLANO	LUBRICANTE	CODIGO ALMACEN LUBRICANTE
1	Fajas traccion volante grande	-	25 FAJAS	Faja especial 5V 2120	GFAJA0158 - MKITS1048	Lubricante antideslizante de faja LOCTITE	GSPRY0002
2	Polea volante chica	-	1 POLEA	Polea (Codigo SACMI MTD 340.030.53)	MPOLE1114	Lubricante antideslizante de faja LOCTITE	GSPRY0002
3	Polea entre chumaceras partidas	-	EJE POLEA	Polea (Código SACMI MTD 340.03.048)	MPOLE1115 (PLANO N° 24)	-	-
4	Chumacera siamés partida	Siamés lado volante chica	UN V-RING LADO ALOJAMIENTO DE RODAJE	V-ring nitrilo VS160 SKF VR2 N° CR401601 A=15 B=20.5 C=8	GVRIN0009	-	-
			UN V-RING LADO TAPA DE ALOJAMIENTO DE RODAJE	V-ring nitrilo VS160 SKF VR2 N° CR401601 A=15 B=20.5 C=8	GVRIN0009	-	-
			ALOJAMIENTO DE RODAJE	-	-	-	-
			TAPA DE ALOJAMIENTO DE RODAJE	-	-	-	-
			ESPACIADOR ENTRE POLEA Y RODAJE	-	-	-	-
			4 PERNOS SUJECCION TAPA AL ALOJAMIENTO	Pernos socket M8x30 grado 8	-	-	-
			UN RODAMIENTO DE RODILLOS CILINDRICOS	Rodamiento 2NU30EC con pista interior NUP230ECJ = FAG NUP 230.M1 (Codigo SACMI 1.037.031)	MCOJI1006	GRASA ALVANIA EP-2 (P/EXTREMA PRESION)	GGRAS0001
		Siamés lado freno	UN V-RING LADO ALOJAMIENTO DE RODAJE	V-ring nitrilo VS160 SKF VR2 N° CR401601 A=15 B=20.5 C=8	GVRIN0009	-	-
			UN V-RING LADO TAPA DE ALOJAMIENTO DE RODAJE	V-ring nitrilo VS150 SKF VR2 N° CR401501 A=13.1 B=13 C=7	GVRIN0008	-	-
			ALOJAMIENTO DE RODAJE	-	-	-	-
			8 PERNOS SUJECCION TAPA AL ALOJAMIENTO	Pernos socket M8x30 grado 8	-	-	-
			1 SEGURO SEEGER EXTERIOR Ø145	-	-	-	-
			TAPA DE ALOJAMIENTO DE RODAJE	-	-	-	-
			UN RODAMIENTO DE RODILLOS CILINDRICOS	Rodamiento 2NU30EC con pista interior NU230EC = ZKL UN230E150X (Codigi SACMI 1.037.030)	MCOJI1007	GRASA ALVANIA EP-2 (P/EXTREMA PRESION)	GGRAS0001

cerámica SAN LORENZO

MAQUINA :	MOLINO MTD340
COMPONENTE:	PRIMERA TRANSMISION
MARCA :	SACMI

ITEM	COMPONENTE	REPUESTO	DENOMINACION	CODIGO ALMACEN / PLANO	LUBRICANTE	CODIGO ALMACEN DEL LUBRICANTE
1	Polea volante grande	-	-	-	-	-
2	Caja de excentrica	1 RODAMIENTO LADO POLEA VOLANTE GRANDE	Rodamiento 23226 C / W33 (Cod. SACMI 1.092.012)	**MCOJI1004 / MRODA0010**	GRASA ALVANIA EP-2 (P/EXTREMA	**GGRAS0001**
		2 RODAMIENTOS LADO POLEA TRACCION FAJAS	Rodamiento 23030 CC / W33 (Cod. SACMI 1.090.006)	**MCOJI1005 / MRODA0011**	GRASA ALVANIA EP-2 (P/EXTREMA PRESION)	**GGRAS0001**
		2 V-RING LADO POLEA 17E	Anillo NILOS AV23030 (Cod. SACMI 1.300.138)	**MANIL1010**	-	-
		1 V-RING LADO POLEA VOLANTE GRANDE HACIA LEVA	Anillo (Cod. SACMI 1.300.190)	**MANIL1039**	-	-
		1 V_RING LADO POLEA VOLANTE GRANDE HACIA POLEA	Anillo NILOS AV22226 (Cod. SACMI 1.300.134)	**MANIL1009**	-	-
		1 LEVA	-	-	-	-
		1 CAMISA	-	-	-	-
		1 TORNILLO SINFÍN	-	-	-	-
		2 CAPUCHONES DE SINFÍN	-	-	-	-
		2 SEPARADORES DE SINFÍN	-	-	-	-
3	Eje de transmisión	1 EJE	-	-	-	-
		1 TUBO TOPE DE RODAMIENTOS	-	-	-	-
4	Polea transmisora hacia el tambor	POLEA	Polea 17 canales E L=750 Øpaso= Øexr=505)((Código SACMI MTD 340.040.04)	**MPOLE1113**	Lubricante antideslizante de faja LOCTITE	**GSPRY0002**
5	Fajas traccion tambor	17 FAJAS TRACCION TAMBOR	Kit correas E441 SVI11000 (Codigo SACMI 2.005.022)	**MKITS1047 / MFAJA0001**	Lubricante antideslizante de faja LOCTITE	**GSPRY0002**

cerámica SAN LORENZO

MAQUINA :	MOLINO MTD340
COMPONENTE:	FRENO HIDRAULICO
MARCA :	SACMI

ITEM	COMPONENTE	REPUESTO	DENOMINACION		CODIGO ALMACEN / PLANO	LUBRICANTE	CODIGO ALMACEN LUBRICANTE
1	Disco de freno	-	-	-	-	-	-
2	Cilindro neumático freno	1 CILINDRO ACTUADOR NEUMATICO DE FRENO	Marca	UNIVER	**MCILI1119**	TELLUS 10	**GACEI0008**
			Modelo	K2000400035M			
				Ø embolo = 40 Carrera = 35 ISO 6421 VDMA 24562			
3	Bomba de freno + soporte	1 BOMBA DE FRENO	Bomba (Codigo SACMI 5.250.175)		**MBOMB1001**	-	-
4	Presostato	1 PRESOSTATO	Presostato		**MPRES1008**	-	-
5	Actuadores a pastilla	1 PINZA DERECHA	Pinza DX (Codigo SACMI 5.250.150)		**MPINZ1003**	-	-
		1 PINZA IZQUIERDA	Pinza SX (Codigo SACMI 5.250.151)		**MPINZ1004**	-	-
		2 KIT DE SEGUROS Y	Equipamiento (Codigo SACMI 5.250.027)		**MEQUI1001**	-	-
		8 RESORTES FRENO			**MRESO0028**	-	-
		2 KIT DE 4 PASTILLAS FRENO	Pastillas marca FIAT LANCIA		**FERO1001**	-	-

cerámica SAN LORENZO

MAQUINA :	MOLINO MTD340
COMPONENTE:	MOTORIZACION PRINCIPAL
MARCA :	SACMI

ITEM	COMPONENTE	DENOMINACION		OBSERVACION	REPUESTO	DENOMINACION	CODIGO ALMACEN / PLANO	LUBRICANTE Y/O CONSUMIBLE QUIMICO	CODIGO ALMACEN UNT
1	Motor principal	MARCA	ABB MOTORS	MOLINO 1-6-7 (NUEVOS)	1 MOTOR COMPLETO	-	MMOTO1002	-	-
		TIPO			4 PERNOS PARA ANCLAJE	Perno M24 x 3 x ??? Clase 8.8 (grado 5) ajustable con llave 36	-	-	-
		IEC			4 PERNOS ANCLAJE PLANCHA Y PLANCHITA	Perno M20 x 2.5 x ??? Clase 8.8 (grado 5) ajustable con llave 30	-	-	-
		Nº			1 RODAJE LADO TAPA	Rodamiento 6316 / C3	MRODA0009	Grasa SKF LGHP2	GGRAS0015
		TENSION	440 V		1 RODAJE LADO VENTILADOR	Rodamiento 6319 / C3	MRODA0008	Grasa SKF LGHP2	GGRAS0015
		CORRIENTE	200 A		-	-	-	-	-
		POTENCIA	125 kW		-	-	-	-	-
		FRECUENCIA	60 Hz		-	-	-	-	-
		Ø EJE	80 mm		-	-	-	-	-
		VELOC. ANGULAR	1785 RPM		-	-	-	-	-
		MARCA	ABB MOTORS	MOLINO 2-3-4-5 (ANTIGUOS)	1 MOTOR COMPLETO	-	-	-	-
		TIPO			4 PERNOS PARA ANCLAJE	Perno M20 x 2.5 x ??? Clase 8.8 (grado 5) ajustable con llave 30	-	-	-
		IEC			4 PERNOS ANCLAJE PLANCHA Y PLANCHITA	Perno M20 x 2.5 x ??? Clase 8.8 (grado 5) ajustable con llave 30	-	-	-
		Nº			-	-	-	Grasa SKF LGHP2	GGRAS0015
		TENSION	380 V		-	-	-	Grasa SKF LGHP2	GGRAS0015
		CORRIENTE	173 A		-	-	-	-	-
		POTENCIA	90 kW		-	-	-	-	-
		FRECUENCIA	60 Hz		-	-	-	-	-
		Ø EJE	75 mm		-	-	-	-	-
		VELOC. ANGULAR	1480 RPM		-	-	-	-	-
2	Fajas traccion volante chica	-		-	8 FAJAS	Faja en V especial 5V1000	GFAJA0040	Lubricante antideslizante de faja LOCTITE	GSPRY0002
3	Acoplamiento hidraulico "turbo"	MARCA	TRANS FLUID	MOLINO 1-6-7 (NUEVOS)	1 ACOPLADOR HIDRAULICO COMPLETO	Acoplador hidraulico	MACOP1003	Aceite shell tellux 37	GACEI0011
		TIPO	CKSI		1 RODAMIENTO LADO POLEA	Rodamiento de bolas 6024 C3	GRODA0020	-	-
		TAMAÑO	19		1 RODAMIENTO LADO CAMARA DE RETARDO TORQUE	Rodamiento de bolas 6212 C3	GRODA0176	-	-
		DIAMETRO EJE MOTOR	80 mm		1 RETEN LADO POLEA	Retén 130-160-12	GRETE0047	-	-
		DIAMETRO PASO POLEA	185 mm		1 RETEN LADO CAMARA	Retén 54-85-10	GRETE0107	-	-
		TIPO POLEA	Polea integrada 8 canales B		1 POLEA	-	MPOLE0075 (PLANO Nº 4)	-	-
		-			10 PERNOS SUJECCION POLEA A UNA DE LAS TAPAS	Perno hexagonal M10x35 grado 8	-	Trabador de perno	GPEGA0007
		-			3 ANILLOS SEEGER EXTERIOR	Anillo seeger exterior Ø 120	GSEGU0055	-	-
		-			24 PERNOS UNION DE TAPAS + TUERCAS	Perno hexagonal M10x50 inox + tuerca M10 inox	GPERN0168 + GTUER0025	-	-
		-			12 PERNOS SUJECCION CAMARA DE RETARDO TORQUE A TAPA	Perno socket M10x30	-	-	-
		MARCA	TRANS FLUID	MOLINO 2-3-4-5 (ANTIGUOS)	1 ACOPLADOR HIDRAULICO COMPLETO	Acoplador hidraulico	MACOP1006	Aceite shell tellux 37	GACEI0011
		TIPO	CKSI		1 RODAMIENTO LADO POLEA	Rodamiento de bolas 6024 C3	GRODA0020	-	-
		TAMAÑO	17		1 RODAMIENTO LADO CAMARA DE RETARDO TORQUE	Rodamiento de bolas 6212 C3	GRODA0176	-	-
		DIAMETRO EJE MOTOR	75 mm		1 RETEN LADO POLEA	Retén 130-160-12	GRETE0047	-	-
		DIAMETRO PASO POLEA	185 mm		1 RETEN LADO CAMARA	Retén 54-85-10	GRETE0107	-	-
		TIPO POLEA	Polea integrada 8 canales B		1 POLEA	-	MPOLE0075 (PLANO Nº 4)	-	-
		-			10 PERNOS SUJECCION POLEA A LA CARCAZA	Perno hexagonal M10x35 grado 8	-	Trabador de perno	GPEGA0007
		-			3 ANILLOS SEEGER EXTERIOR	Anillo seeger exterior Ø 120	GSEGU0055	-	-
		-			24 PERNOS UNION DE TAPAS + TUERCAS	Perno hexagonal M10x50 inox + tuerca M10 inox	GPERN0168 + GTUER0025	-	-
		-			12 PERNOS SUJECCION CAMARA DE RETARDO TORQUE A TAPA	Perno socket M10x30	-	-	-

ANEXO 3

INSTRUMENTO CONTROL DE JUEGO RADIAL

		CHUMACERA MOTRIZ	CHUMACERA MOTRIZ PLACA OBJETIVO			CHUMACERA CONDUCIDO	CHUMACERA CONDUCIDO PLACA OBJETIVO		
FECHA	MOLINO	MEDICION	LIBRE	MAX	MIN	MEDICION	LIBRE	MAX	MIN
15/04/2008	5	30	37	25	20	25	34	22	17
03/04/2008	4	35	37	25	20	-	-	-	-
25/04/2008	4	28	37	25	20	-	-	-	-
15/04/2008	1	30	37	25	20	-	-	-	-
28/04/2008	4	-	-	-	-	28	37	25	20
03/05/2008	3	25	32	20	15	25	37	25	20
03/05/2008	1	-	-	-	-	40	35	23	18
07/05/2008	7	-	-	-	-	24	34	22	17
07/05/2008	6	-	-	-	-	25	35	23	18
10/05/2008	7	35	34	22	17	-	-	-	-
10/05/2008	6	30	34	22	18	-	-	-	-
29/05/2008	2	38	31	19	14	20	30	18	13
17/07/2008	1					25	35	23	18
15/10/2008	1	35	37	25	20				
15/10/2008	2	40	31	19	14	25	30	18	13
15/10/2008	5	35	37	25	20				
29/10/2008	3	27	32	20	15	25	37	25	20
04/11/2008	5	-	-	-	-	25	34	22	17
11/11/2008	1	-	-	-	-	30			
02/12/2008	4	33	37	25	20				
03/12/2008	4	-	-	-	-	27	37	25	20
16/12/2008	6	45	34	22	18	43	35	23	18
18/12/2008	7	38	31	19	14	33	35	23	18
20/01/2008	2	23	31	19	14	-	-	-	-
18/02/2009	6	21	34	22	18	25	40	27	21

ANEXO 4

HISTORIAL DE LUBRICACION Y ACEITE

LUBRICANTE 1º - 2º TRANSMISION - MOTOR PRINCIPAL:
GRASA ALVANIA EP-2 (REENGRASE) EN EL MOTOR SE ESTA CAMBIANDO A LGHP2

LUBRICANTE TURBO
ACEITE TELLUS 37 (CAMBIOS DE ACEITE)

FECHA	MOLINO	1º TRANSMISION o TRANSMISION UNICA	2º TRANSMISION	ACOPLAMIENTO HIDRAULICO (TURBO)	RUEDA LIBRE	MOTOR PRINCIPAL
30/06/2008	6	X	X	X	X	X
30/06/2008	7	X	X	X	X	X
01/07/2008	4	X	X	X	X	X
07/07/2008	2	X	X	X	X	X
07/07/2008	3	X	X	X	X	X
09/07/2008	5	X	X	X	X	X
09/07/2008	1	X	X	X	X	X
09/01/2009	1	X	X			
09/01/2009	2	X	X			
09/01/2009	3	X	X			
09/01/2009	4	X	X			
09/01/2009	5	X	X			
09/01/2009	6	X	X			
09/01/2009	7	X	X			
08/12/2008	4			X		
07/01/2009	4 (MOTOR 5A)				X	X
19/01/2009	2 (MOTOR 2)			X	X	X
11/03/2009	1 (MOTOR 2 - TURBO 4A)			X		
13/03/2009	3 (MOTOR 1- TURBO 6)			X	X	X
24/03/2009	3 (MOTOR 3 - TURBO 5)			X		X
07/04/2009	6 (MOTOR 6 - TURBO 6A)					X

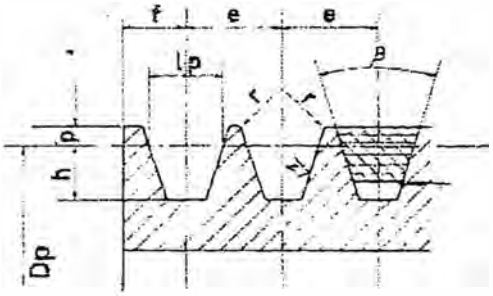
ANEXO 5

DIMENSIONES DE POLEAS SACMI

#♠

PERFILES DE LAS POLEAS

PROFILI DELLE PULEGGE — PULLEY PROFILES



Disegno 4/Drawing 4

lp = larghezza primitiva
p = altezza minima della gola sopra la linea primitiva
h = profondità minima della gola sotto la linea primitiva
ß = angolo della gola
Dp = diametro primitivo
e = distanza tra gli assi delle sezioni di due gole
f = distanza tra l'asse della sezione della gola esterna ed il bordo della puleggia

ip = pitch width
p = minimum groove height above pitch line
h = minimum groove depth below pitch line
ß = groove angle
Dp = pitch diameter
e = distance between the axes of the sections of two grooves
f = distance between the axis of the outer groove section and the pulley edge.

	Z	A	B	C	D	E
lp mm.	8,5	11	14	19	27	32
p min. mm.	2,5	3,3	4,2	5,7	8,1	9,6
h min. mm.	7	8,7	10,8	14,3	19,9	23,4
e mm.	12	12	19	25,5	37	44,5
Toll. su 'e' mm.	± 0,3	± 0,3	± 0,4	± 0,5	± 0,6	± 0,7
f mm.	8	10	12,5	17	24	29
Toll su 'f' mm.	+ 1 — 1	+ 2 — 1	+ 2 — 1	+ 2 — 1	+ 3 — 1	+ 4 — 1
ß = 34° per Dp da mm.	50	75	125	—	—	—
ß = 34° per Dp a mm.	80	118	190			
ß = 36° per Dp da mm.	—	—	—	200	355	500
ß = 36° per Dp a mm.				280	475	600
ß = 38° per Dp ≥ mm.	90	125	200	300	500	630
Toll. su ß	± 1°	± 1°	± 1°	± 30'	± 30'	± 30'

Tabella N°5/Table N°5

N.B.:
— L'impiego per 'e' di valori maggiori di quanto sopra indicato può essere giustificato in casi particolari (es. pulegge di lamiera stampata).
— Le tolleranze di 'e' si riferiscono agli interassi fra due gole comunque disposte e cioè anche non consecutive.
— Gli spigoli 'r' devono essere convenientemente arrotondati.
— I fianchi delle gole devono essere lisci con rugosità $R_a = 0,4\,\mu$.

Please note:
— The use of values higher than indicated for 'e' may be justified in particular situations, such s stamped plate pulleys
— 'e' allowances refer to the centre distance between two grooves, independently from their position, and therefore even not consecutive
— 'r' corners should be suitably rounded off.

$♠°Bá╙L♥ °cπ

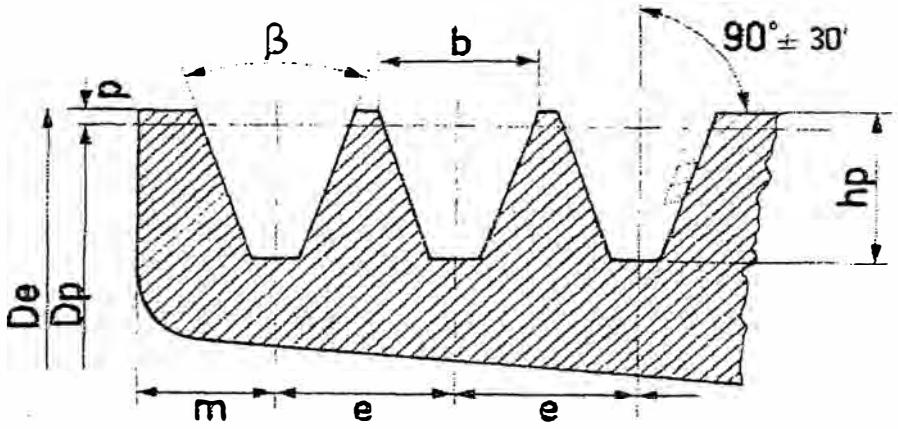
PERFILES DE LAS POLEAS

PULEGGE A GOLA PER CINGHIE TRAPEZOIDALI MANULI TIPO "V"

Al fine di ottenere elevate prestazioni ed altissimi rendimenti, dalle cinghie tipo "V", è opportuno che esse vengano montate su pulegge di ottima fabbricazione, sia per precisione che per qualità.
Si consiglia:
— impiegare acciaio e ghisa metallica, evitando l'uso dell'alluminio e delle sue leghe
— equilibratura statica e dinamica
— precisione di esecuzione in quanto le tolleranze delle varie quote sono molto più ristrette delle pulegge tradizionali
Caratteristiche dimensionali delle pulegge

GROOVE PULLEYS FOR MANULI TYPE "V" V-BELTS

For peak performance and very high efficiency of "V" type V-belts, these should be assembled on pulleys of highly accurate finish and top quality.
We suggest:
— use steel and cast iron, do not use aluminum ad its alloys
— balance both statically and dynamically
— machine with great accuracy, since allowances are much lower than with traditional pulleys.
Pulley sizes



Disegno 2/V / Drawing 2/V

Sezione Section	De (mm)	β (°)	b (mm)	hp (mm)	p (mm)	e (mm)	m (mm)
3V	≤ 90 90 ÷ 160 161 ÷ 300 > 300	36 ± 15' 38 ± 15' 40 ± 15' 42 ± 15'	8,89 ± 0,12	8,89 $^{+\ 0,25}_{-\ 0}$	0,635	10,3 ± 0,4	8,7 $^{+\ 2,5}_{-\ 0}$
5V	≤ 250 251 ÷ 400 > 400	38 ± 15' 40 ± 15' 42 ± 15'	15,24 ± 0,12	15,24 $^{+\ 0,25}_{-\ 0}$	1,27	17,5 ± 0,4	12,7 $^{+\ 3}_{-\ 0}$
8V	≤ 400 401 ÷ 560 > 560	38 ± 15' 40 ± 15' 42 ± 15'	25,4 ± 0,12	25,4 $^{+\ 0,25}_{-\ 0}$	2,54	28,6 ± 0,4	19 $^{+\ 6}_{-\ 0}$

Tabella 6/V / Table 6/V

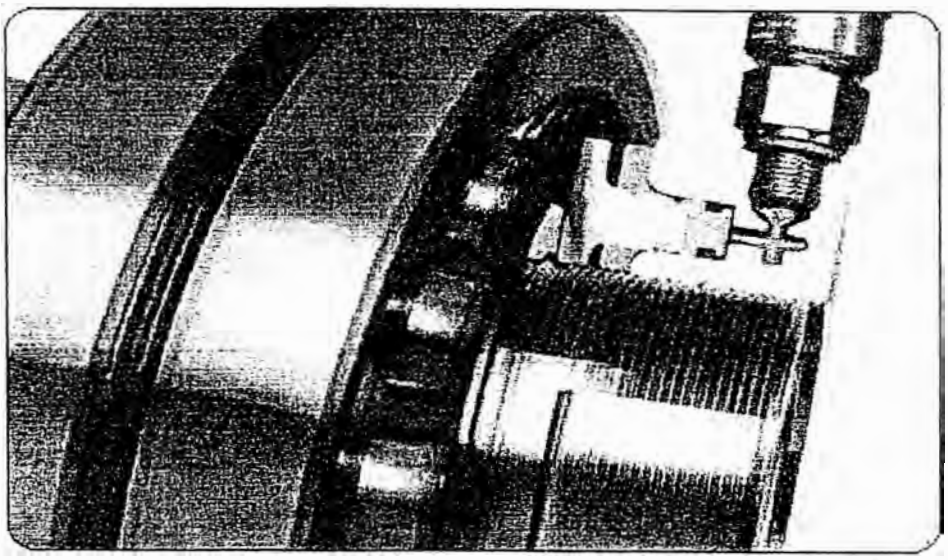
ANEXO 6

HERRAMIENTA DE MONTAJE, DESMONTAJE Y CALIBRACION DE LAS TUERCAS DE LOS MANGUITO DE MONTAJE – RODAMIENTOS DEL TAMBOR – MOLINOS DE PASTA

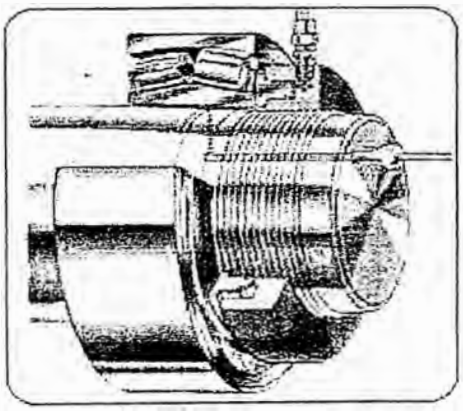
Tuercas hidráulicas. Serie HMV E

Aplique con facilidad grandes fuerzas de calado

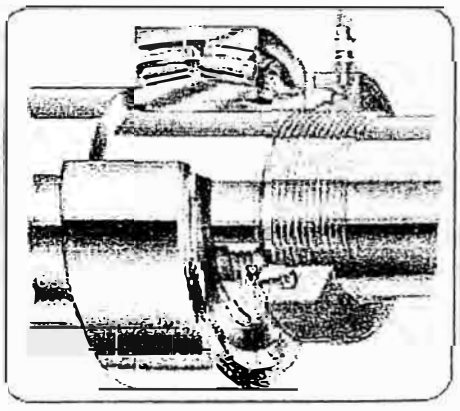
El montaje de rodamientos en asientos cónicos puede ser una tarea difícil que consume mucho tiempo. El uso de una tuerca hidráulica SKF facilita la aplicación sencilla y rápida de grandes fuerzas de calado requeridas para montar rodamientos.
Todas las tuercas HMV ..E están equipadas con un acoplamiento de conexión rápida para usar con las bombas hidráulicas SKF.



- Gran gama, abarca diámetros de eje de 50 a 1.000 mm, como estándar
- Disponible una gama completa de roscas en pulgadas, series HMVC ..E - 1.967 hasta 37.410 pulgadas
- Los acoplamientos de conexión rápida se pueden montar en la cara o el lateral de la tuerca, permitiendo el uso de la tuerca en áreas de espacio limitado
- Se suministra, como estándar, un conjunto de juntas de pistón de repuesto y un kit de mantenimiento
- Para facilitar el roscado de la tuerca, se suministra como estándar, un tubo de lubricante con todas las tuercas desde el tamaño HMV(C) 54E
- Para facilitar el roscado de la tuerca, todas las tuercas a partir del tamaño HMV(C) 54E se suministran equipadas con dos palancas de mano y cuatro orificios de acoplamiento en sus caras frontales
- Las tuercas a partir del tamaño HMV(C) 94E se suministran equipadas con cáncamos de ojo, permitiendo así una manipulación fácil
- En las tuercas a partir del tamaño HMV(C) 94E está indicada la posición de inicio de la rosca, facilitando el emparejamiento de las posiciones de la rosca, tanto en la tuerca como en el acoplamiento
- Roscas y tamaños especiales disponibles bajo pedido

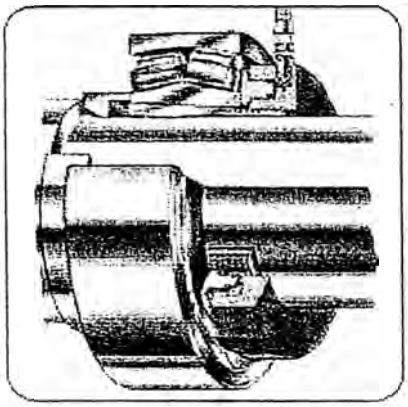


Tuerca HMV E usada para calar el



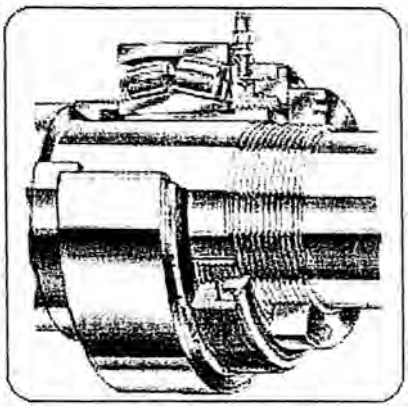
Tuerca HMV E usada para calar el

rodamiento en un asiento cónico.



Tuerca HMV E usada para calar el rodamiento sobre un manguito de fijación.

rodamiento en un manguito de desmontaje.

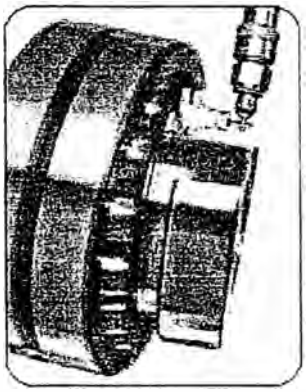


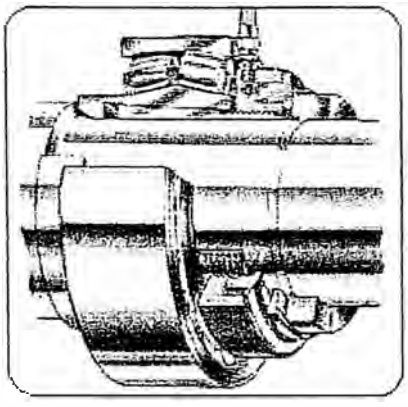
Tuerca HMV E usada con una tuerca limitadora especial para un calado en un manguito de desmontaje.

Tuercas hidráulicas. Serie HMV E

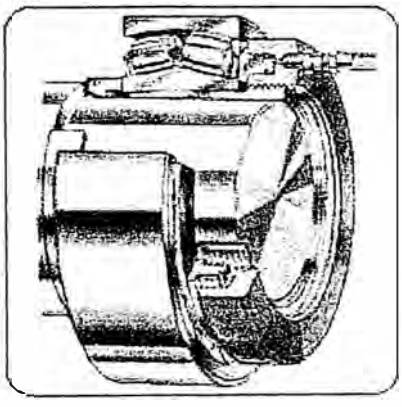
Desmontaje de rodamientos montados sobre manguitos sin apenas esfuerzo

El desmontaje de rodamientos montados sobre manguitos de fijación o de desmontaje es, a menudo, una tarea difícil que consume mucho tiempo. Estos problemas se pueden reducir con el uso de una tuerca hidráulica SKF. El aceite se bombea a través de la tuerca y el pistón se desplaza hacia fuera con una fuerza suficiente como para liberar el manguito. Todas las tuercas HMV ..E se suministran con un acoplamiento de conexión rápida compatible con las bombas hidráulicas SKF.





Tuerca HMV E y anillo tope para liberar el manguito de montaje.



Tuerca HMV E usada para liberar el manguito de desmontaje.

Haga click aquí para ir a datos técnicos HMV E

Haga click aquí para ir a datos técnicos HMVC E

Haga click aquí para ir a datos técnicos HMV E/A101

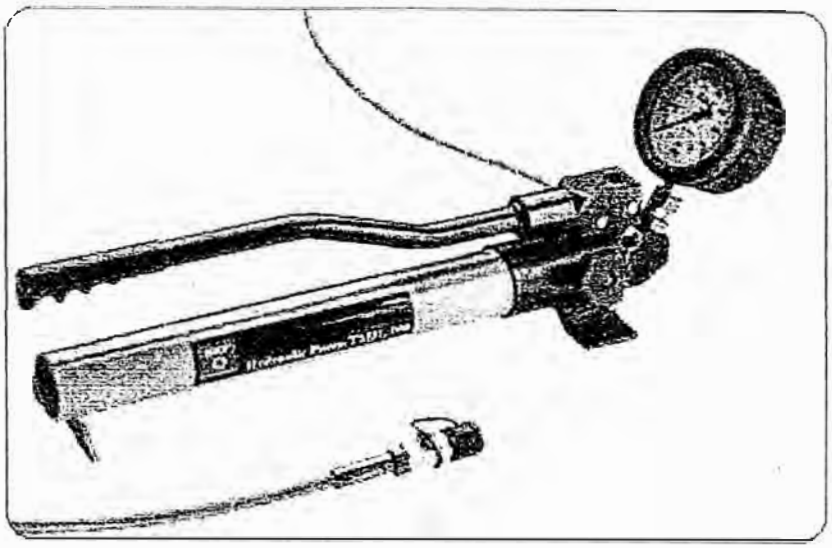
Recambios	
Juntas tóricas	La designación de la tuerca seguida por el sufijo /233983 ej. HMV 10/233983
Tapón de bola	233950
Racor de conexión rápida	729832 A
Otros tipos disponibles	
Serie de tuercas en pulg.	Serie HMVC E
Tuercas sin rosca	HMV...E/A101
Ejecuciones especiales también disponibles bajo pedido.	

Más información
Instrucciones de uso

Imprimir esta pág

Bomba hidráulica TMJL 100

100 MPa - Gran capacidad de aceite



La bomba TMJL 100 es adecuada para su utilización con tuercas hidráulicas (<= HMV 92E) y para el montaje y desmontaje de rodamientos y componentes donde la presión máxima requerida sea de 100 MPa. La bomba se entrega con un tubo de alta presión de 3 m de longitud, racor de conexión rápida, adaptador y manómetro. La bomba está llena de aceite de montaje SKF LHMF 300 y se entrega con un litro extra. Tiene una mayor capacidad de aceite que la bomba 729124

- Adecuada para tuercas hidráulicas <= HMV 92E
- Válida para extractores hidráulicos, serie SKF TMHP
- Litro extra de aceite de montaje
- Suministrada en un maletín robusto y protector
- Capacidad del depósito de aceite 800 cm3)

Aplicaciones

- Tuercas hidráulicas <= HMV 92E
- Todas las demás aplicaciones de inyección de aceite con presiones máximas de 100 MPa
- Serie de extractores hidráulicos SKF TMHP

Datos técnicos

Designación	:	TMJL 100
Presión máxima	:	100 MPa
Volumen/recorrido	:	1,0 cm^3
Capacidad de aceite	:	800 cm^3
Longitud del tubo	:	3.000 mm
Racor de conexión	:	G 1/4 racor rápido
Peso	:	13 kg

Imprimir esta página

TECNIFAJAS S.A.

RUC: 20100244714

AV. ARGENTINA 3006 - 3008
Teléfono: 561-0600 Fax: 451-8510

" RUMBO A LA CERTIFICACION ISO 9001:2000 "

COTIZACION: 001-00128954

SEÑOR : CERAMICA SAN LORENZO S.A.C.
DIRECCION: AV. INDUSTRIAL S/N - LURIN
TELEFONO : 417-0800-4170858-vig
FAX : 417-0828
ATTE : IAN SANCHEZ

FECHA : 17/10/2009
REFERENCIA:
VENDEDOR : **ING. CESAR ALVA**
E-MAIL : alva@tecnifajas.com
CENTRAL : **561-0600 anx 121**
NEXTEL : 999296347

Estimados señores:

Por medio de la presente nos es grato cotizarles lo siguiente:

ITM	CANT.	U.M.	DESCRIPCION		P.UNIT.	DSCTO.(%)
1	1.00	PZA	HMV 60E	US	2,914.920	0.00
2	1.00	PZA	TMJL 100	US	1,810.940	0.00

MONEDA	VALOR VENTA	I.G.V. 19%	PRECIO VENTA
USS	4,725.86	897.91	5,623.77

CONDICION DE PAGO: CREDITO 90 DIAS
VALIDEZ : DISPONIBILIDAD SALVO PREVIA VENTA
OBSERVACION :

Sin otro particular, quedamos de ustedes.

.....

Atentamente

ANEXO 7

ANALIZADOR DE VIBRACIONES X-VIBER

X-Viber

Analysis and Route instrument with transfer to X-Trend PC-software trough USB

Measurements:

- Route via X-Trend pc-software
- Total level
- Envelope
- Bearing Condition
- Analysis
- Temperature
- Speed

Selectable:

- Measuring unit
- Average
- Frequency range
- Alarm levels
- Database and analysis in X-Trend software

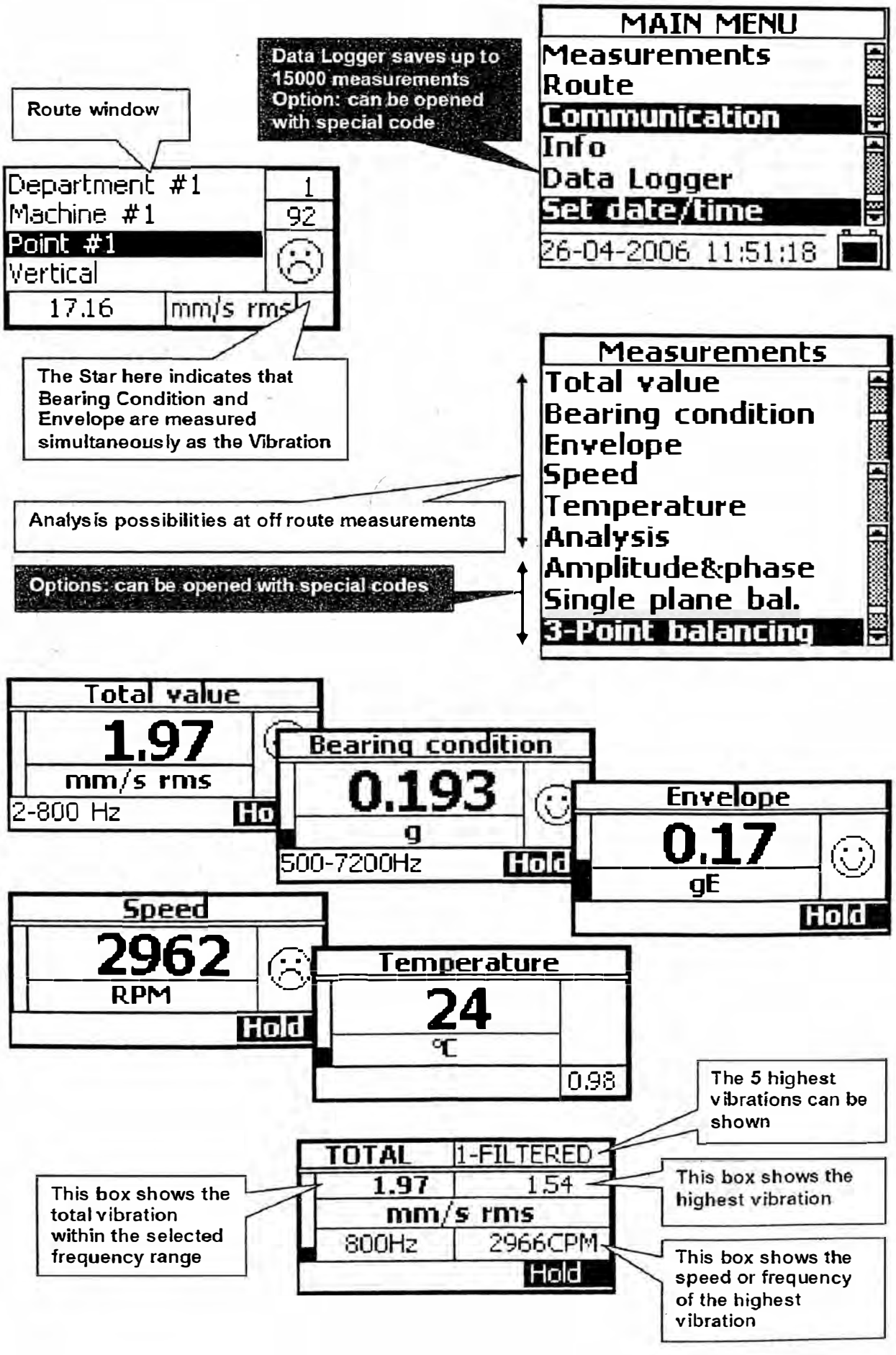
Options:

- Data logging
- Single plane balancing with the 3-point method
- Single plane balancing with the vector method
- Amplitude and phase measurements

Options:

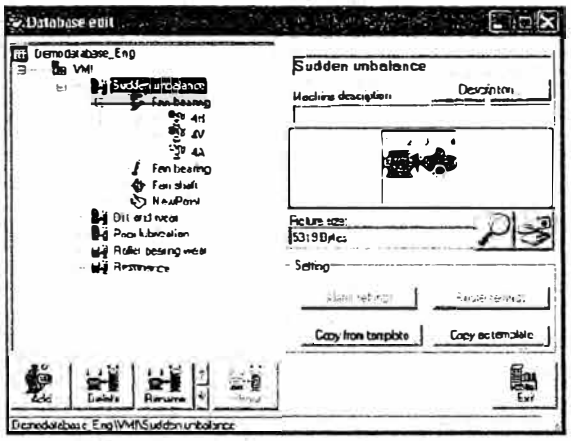
- Spectrum storage in route
- Analysis software SpectraPro(lite)

Measurement possibilities

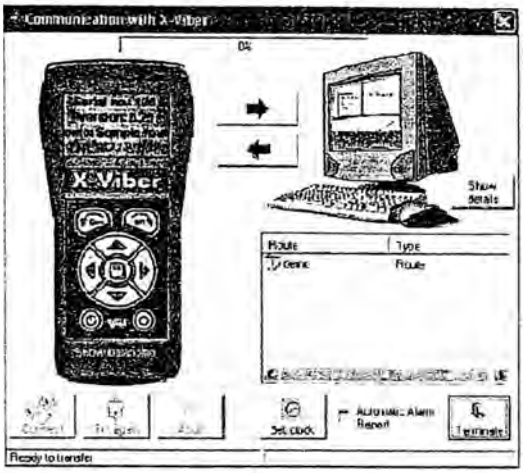


Communication and analysis

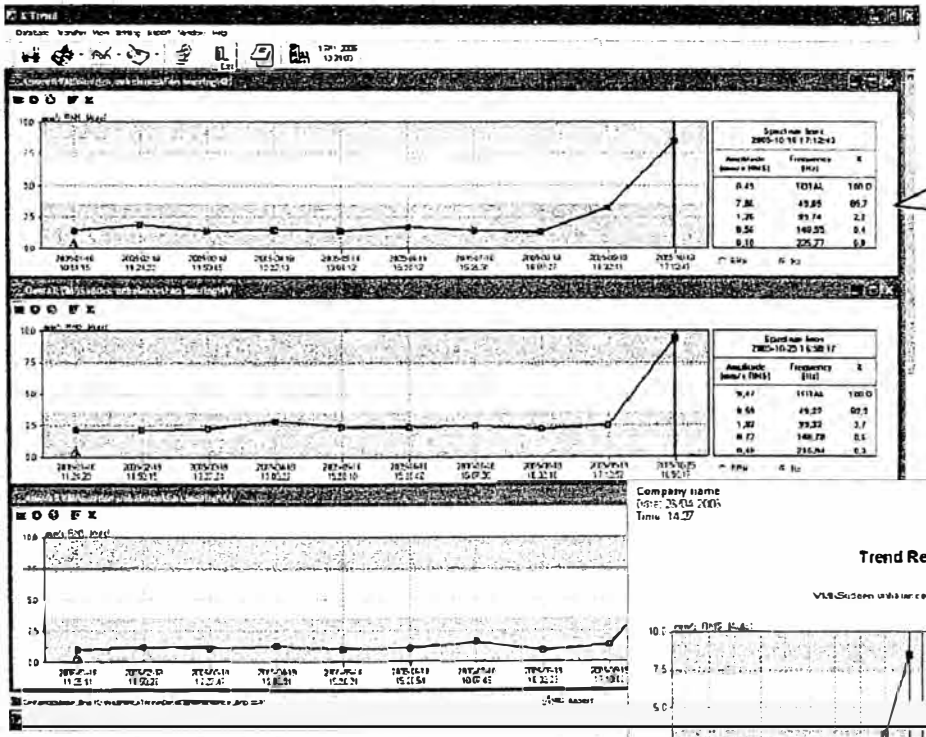
Edit database



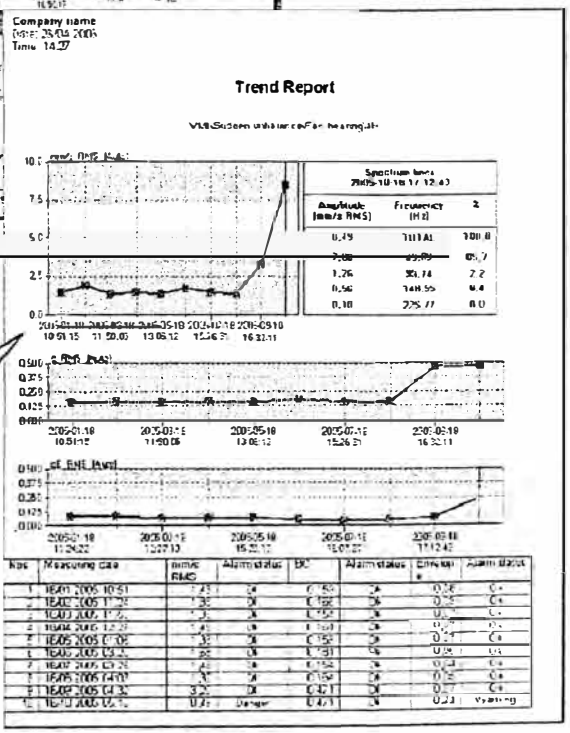
Load and collect route information from X-Viber



Analysing the trend information



Extended analysis with level and frequency of the 5 highest vibrations



Automatic pre-made reports for:

- Trend
- Machine history
- Transfer report
- None measured machines

Technical data

Transducers

Standard vibration transducer	**Accelerometer type ACC199-28**
Sensitivity	100mv/g max measuring range ±50g
Frequency range (+/-3db	0.5-15000Hz
Resonance frequency	34000Hz
Temperature range	-50°C ... +121°C
Mounting	Magnet holder, hand held or measuring pointer
Cable length	1m
Vibration input electrical specifications	
Maximum input signal	+/-5V Peak
Sensitivity, standard settings	Accelerometer 100mV/g
Current- and voltage supply to transducer	+2.1mA constant current at max 20V
Built-in speed transducer (tacho)	**Infrared photocell**
Measuring range	30 – 120.000 rpm corresponding to 0.5 -200Hz
Measuring distance	0.15 – 1m
Measuring object	Reflex tape on the shaft
Automatic comparison with selectable alarm levels	Yes, 2 different limit values
Built-in temperature sensor	
Measuring range	-20 to +120°C, adjustable emission factor
Accuracy	±2°C
Resolution	1°C
Measuring distance	0.2 till 0.5m
Automatic comparison with selectable alarm levels	Yes, 2 different limit values

Measuring properties

Total vibration level:	
Selectable frequency ranges	2-800Hz, 4-1600Hz, 8-3200Hz, 10-6400Hz and ISO 10-1000Hz
Selectable units, Metric	mm/s, um, mm, m/s, g
Selectable units, Imperial	in/s, mils, thou, g
Selectable type of average	RMS, Peak, P-P
Automatic comparison with selectable alarm level	Yes, 1 limit value
Total Envelope level	
Frequency range	500 - 6400Hz
Envelope level within the frequency range	1 – 1000Hz
Unit	gE RMS
Automatic comparison with selectable alarm level	Yes, 1 limit value
Total Bearing Condition value	
Frequency range at Bearing Condition	Selectable between 0.5 – 6.4kHz, 1 -8kHz, 2 – 8kHz, 3 -8kHz
Unit	g RMS
Automatic comparison with selectable alarm level	Yes, 1 limit value
Analysis	Same properties as with Total vibration level Automatic analysis of 5 frequencies with the highest levels
Route	Downloaded from the X-Trend PC-software
Memory capacity	Appr. 999 measuring points, including Total vibration level, Bearing Condition level and Envelope level
Spectra in Route (Option)	
Memory capacity	Appr. 999 spectra
Frequency range	2-800Hz, 8-3200Hz, 10-6400Hz
Resolution	1.5Hz, 3.5Hz, 5Hz
Miscellaneous	
Dynamic measuring range	>80dB
Auto scaling	Yes
Main processor	Micro processor 38Mhz
Internal memory	512kb Flash, 512kb RAM, 64Mb Memory Card
Graphic Display	68x124 pixels with background light
Real time Clock	Yes
Computer communication	USB max 256kbaud/s
Power supply	4 x R6 2000mA rechargeable Nimh batteries
Power usage at measurement / sleep mode	120mA / 25uA ≈ 10 hours of continuous operation
Min/max environment temperature while measuring	-20°C ... +50°C
Dimensions	180 x 80 x 40mm
Weight	400grams including batteries

VMI AB
Torsgatan 1
SE-60363 Norrköping
Tel: 011-311667 Fax: 011-311678
email: info@vmiab.com
www.vmiab.com

Authorised distributor

TECNIFAJAS S.A.

RUC: 20100244714

AV. ARGENTINA 3006 - 3008
Telefono: 561-0600 Fax: 451-8510

" RUMBO A LA CERTIFICACION ISO 9001:2000 "

COTIZACION: 001-00180722

SEÑOR	: TALMA	FECHA	: 26/07/2011
DIRECCION:	AV. ELMER FAUCETT S/N CUADRA 30 CENTRO AEREO	REQUISICION	:
TELEFONO :	5741060 / 5750903	REFERENCIA	:
FAX	:	VENDEDOR	: ARMAS
ATTE	: CESAR ESTEBAN	E-MAIL	: aarmas@tecnifajas.com
		CENTRAL	: 561-0600 anx 120
		NEXTEL	: 814*5970

Estimados señores

Por medio de la presente nos es grato cotizarles lo siguiente:

ITM	CANT.	U.M.	DESCRIPCION		P.UNIT.	DSCTO.(%)
1	1.00	PZA.	ANALIZADOR DE VIBRACIONES X-VIBER	US	365.00	0.00

MONEDA	VALOR VENTA	I.G.V. 18%	PRECIO VENTA
US$	365.00	65.70	430.70

CONDICION DE PAGO:	CONTADO
VALIDEZ	DISPONIBILIDAD SALVO PREVIA VENTA
OBSERVACION :	

Deposito en las cuentas:

Lima	: BCP	S/. 191-0427227-0-23	$ 191-0861015-1-30
Provincia:	BCP	S/. 191-1152363-0-29	$ 191-1142642-1-47

Sin otro particular, quedamos de ustedes.

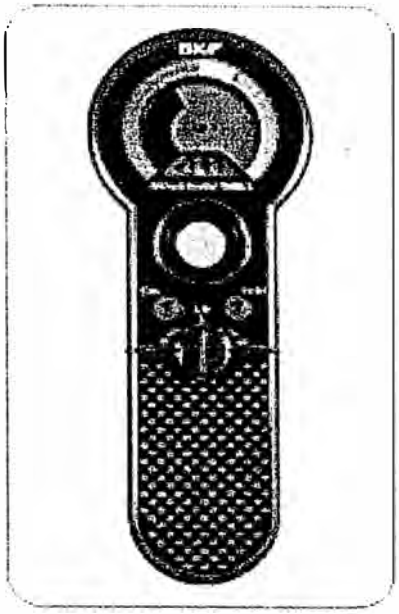
Atentamente

ANEXO 8

COMPARADOR DE ACEITE SKF TMEH ii

Controlador del estado del aceite TMEH 1

Detecta cambios en el estado del aceite



El controlador de aceite SKF TMEH 1 es un instrumento portátil que muestra información inmediata sobre la condición del aceite, lo que en muchos casos ahorra costosas investigaciones en un laboratorio. Este aparato mide los cambios en la constante dieléctrica de un aceite. Comparando las mediciones obtenidas de un mismo aceite nuevo y usado (misma marca y características), el controlador de aceite SKF es capaz de determinar el grado de cambio sufrido por la constante dieléctrica del aceite. El cambio dieléctrico está directamente relacionado con la degradación y el nivel de contaminación del aceite y permitirá al usuario conocer los intervalos óptimos para el cambio del aceite, así como detectar aumentos en el desgaste mecánico y pérdida de propiedades lubricantes del aceite. Para facilitar el control de tendencia de los análisis, el instrumento muestra lecturas numéricas.

Por favor, advierta que
El controlador SKF TMEH 1 no es un instrumento analítico en sí, es sólo un equipo que detecta los cambios del estado del aceite. Las lecturas visuales y numéricas que indica el equipo son sólo una guía para comprobar la tendencia de las lecturas comparativas de un aceite nuevo y usado del mismo tipo y marca. No hay que fiarse únicamente de las lecturas numéricas.

- Indica los cambios sufridos por un aceite debidos a:
- - contenido de agua
  - contaminación por arburante
  - contenidos metálicos
  - cxidación
- Manual y muy fácil de utilizar
- Lecturas numéricas para facilitar el control de tendencias
- Almacena la calibración (de aceite puro) en la memoria

Datos técnicos

Tipo de aceite adecuado	: mineral y sintético
Repetitividad	: mejor que 5%
Lecturas	: escala verde/rojo + valor numérico (0 - 100)
Pila	: 9V Alcalina IEC 6LR61
Duración pila	: > 150 horas o 3.000 análisis
Dimensiones	: 250 x 95 x 32 mm (instrumento)

Más información

Publicación

Instrucciones de uso

TECNIFAJAS S.A.

RUC: 20100244714

AV. ARGENTINA 3006 - 3008
Teléfono: 561-0600 Fax: 451-8510

" RUMBO A LA CERTIFICACION ISO 9001:2000 "

COTIZACION: 001-00180721

SEÑOR : TALMA
DIRECCION: AV. ELMER FAUCETT S/N CUADRA 30 CENTRO AEREO
TELEFONO : 5741060 / 5750903
FAX :
ATTE : CESAR ESTEBAN

FECHA : 25/07/2011
REQUISICION
REFERENCIA :
VENDEDOR : **ARMAS**
E-MAIL : armas@tecnifajas.com
CENTRAL : **561-0600 anx 120**
NEXTEL : 814*5970

Estimados señores:

Por medio de la presente nos es grato cotizarles lo siguiente:

ITM	CANT	U.M.	DESCRIPCION		P.UNIT.	DSCTO (%)
1	1.00	PZA	CONTROLADOR DEL ESTADO DEL ACEITE SKF(BON) TMEH 1	US	974.530	0.00

MONEDA	VALOR VENTA	I.G.V. 18%	PRECIO VENTA
US$	974.53	175.42	1,149.95

CONDICION DE PAGO: CONTADO
VALIDEZ : DISPONIBILIDAD SALVO PREVIA VENTA
OBSERVACION :

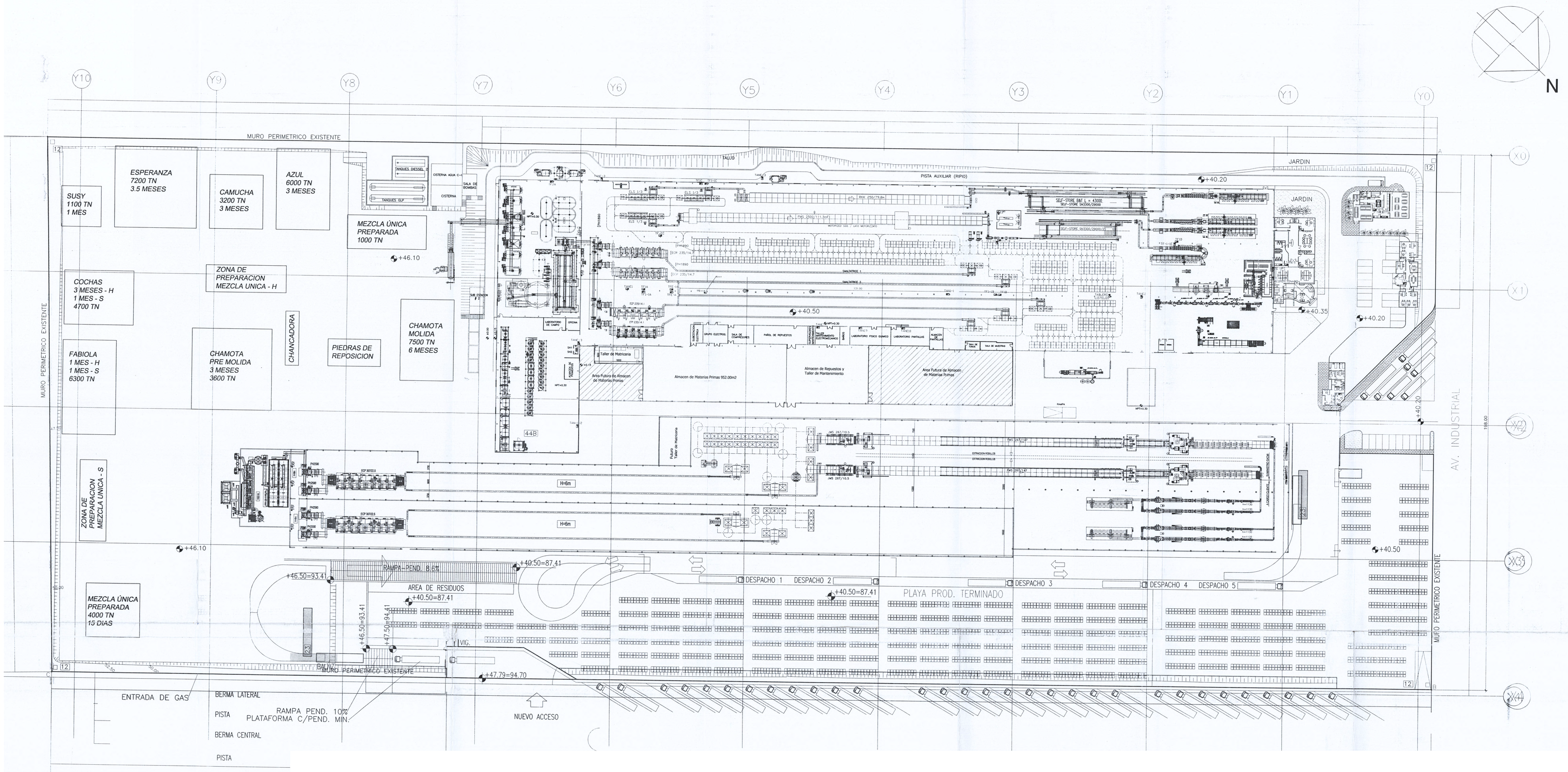
Deposito en las cuentas:
Lima : BCP S/. 191-0427227-0-23 $ 191-0861015-1-30
Provincia: BCP S/. 191-1152363-0-29 $ 191-1142642-1-47

Sin otro particular, quedamos de ustedes.

.....
Atentamente

PLANO 1

VISTA EN PLANTA GENERAL DEL CENTRO FABRIL



Propietario: CERAMICA SAN LORENZO S.A.C.
PLANTA DE PRODUCTOS CERAMICOS

Proyecto: SEGUNDA AMPLIACION DE PLANTA

Plano: ANTE PROYECTO
LAYOUT GENERAL SIN TECHOS

Diseñó	Rev.	Escala:	Cod. Proy.	Plano No.	Rev.
AC	–	–	–	–	1
Dibujó	Aprob.	Fecha:	Archivo:		
M...	–	05 Abr 2005	DWG		

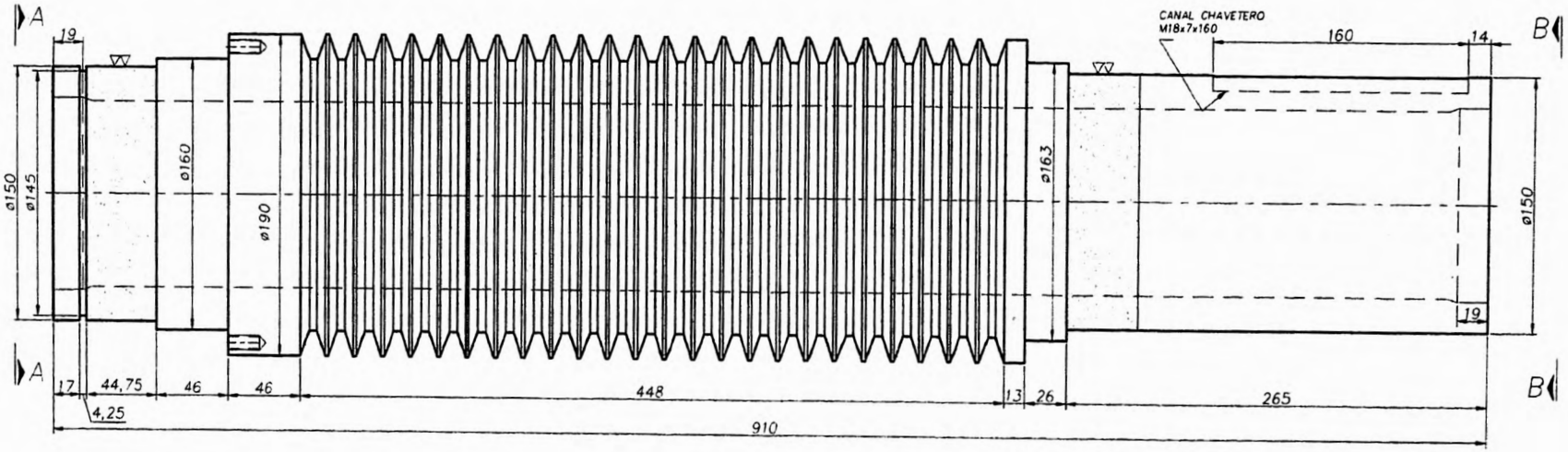
CERAMICA SAN LORENZO

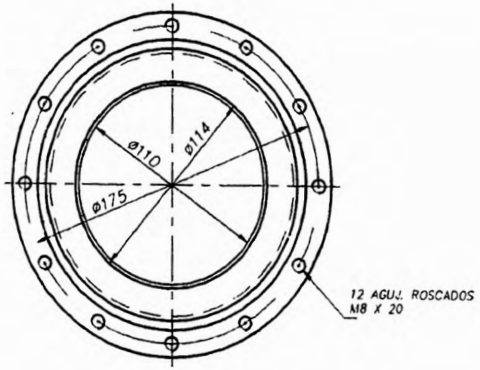
PLANO 2

EJE POLEA (2° TRANSMISION)

EJE POLEA – SEGUNDA TRANSMISION

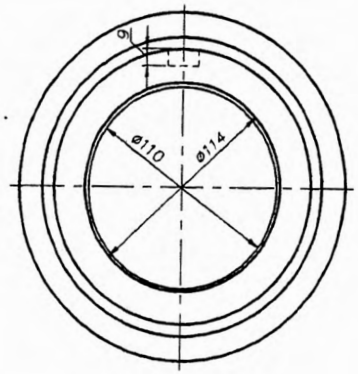
CANAL 25 x 5V





VISTA A – A

NOTA:
- MATERIAL: ACERO VCN 150
- ZONA SOMBREADA : – ASIENTO DE RODAJE 2NU30EC
  – Tolerancia: 150ø n5 $\binom{+0.045}{+0.027}$
  – ACABADO: RECTIFICADO CON PIEDRA
- PINTAR AGUJERO INTERIOR CON 1 CAPA DE ANTICORROSIVO EPOXICO

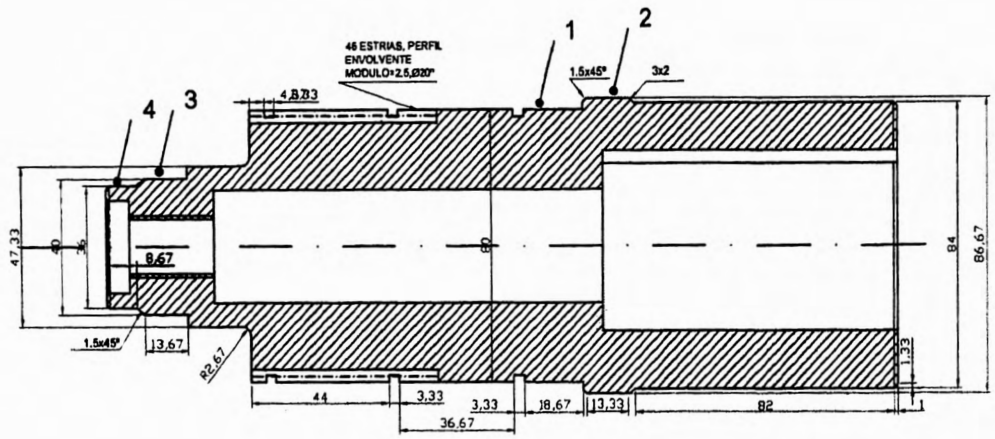


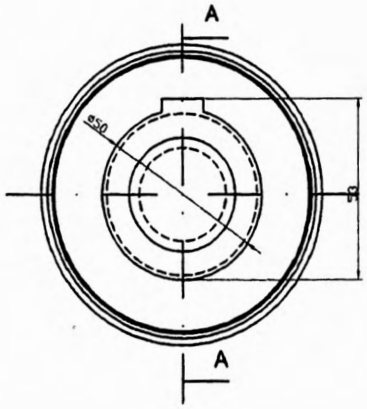
VISTA B – B

PROPIETARIO: CERAMICA SAN LORENZO S.A.C. PLANTA DE PRODUCTOS CERAMICOS			AREA: PLANTA 1 TALLER DE MANTENIMIENTO		
PLANO: PL 24 EJE POLEA SEGUNDA TRANSMISION MOLINO PASTA 25 CANALES 5V					FECHA: 24/04/07
CAD: C.J.O	REVISADO: J.R.CH	APROBADO:		ESCALA: 1:4	PLANO N°: 024

PLANO 3

EJE DEL ACOPLADOR HIDRAULICO





ITEM	CANTIDAD	DESIGNACION	CODIGO
1	1	Rodamiento de bolas 6024 C3	GRODA0020
2	1	Retén 130-160-12	GRETE0047
3	1	Rodamiento de bolas 6212 C3	GRODA0176
4	1	Retén 54-85-10	GRETE0107
5	1	Retén 54-85-10	GRETE0107
6	3	Anillo seeger exterior ϕ120	GSEGU0055

PROPIETARIO: CERAMICA SAN LORENZO S.A.C. PLANTA DE PRODUCTOS CERAMICOS				AREA: PLANTA 1 TALLER DE MANTENIMIENTO		
PLANO: PL 175 EJE DE TURBO M.P					FECHA: 25/04/09	
CAD: J.B.C	REVISADO: J.R	APROBADO:		ESCALA: 1:1.5	PLANO N°: 175	

PLANO 4

INSTRUMENTO HISTORIAL DE FALLOS DE LOS MOLINOS DE PASTA

MP : MANTENIMIENTO PROGRAMADO
MPT : MANTENIMIENTO PROGRAMADO EN TALLER SIN PARAR EL EQUIPO
F : FALLA
F* : FALLA CON AVISO PERO PRODUCCION NO HIZO CASO
CB : COMPONENTE DE BAJA

DESDE JULIO 2006

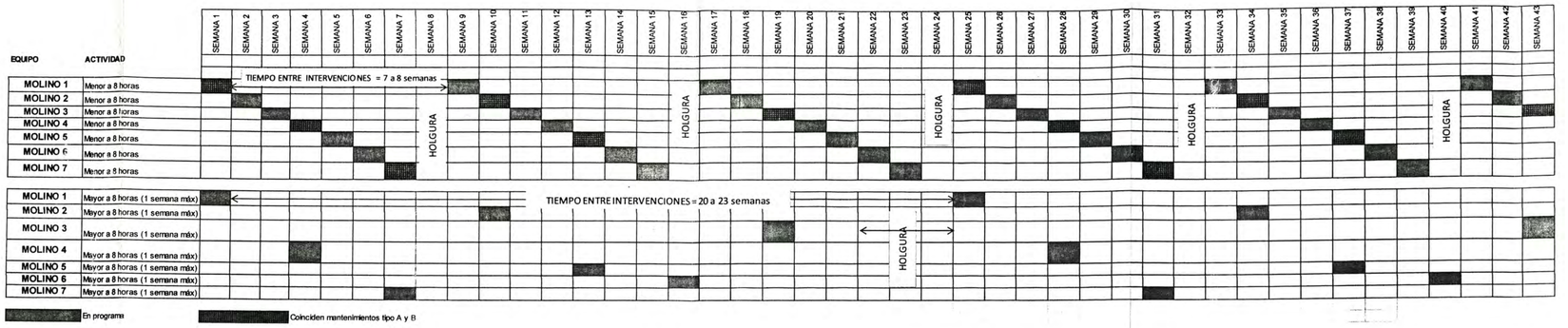
FECHA INICIO	FECHA FIN	MOLINO PASTA Nº	TIPO DE EVENTO	INVERSION GIRO	INTERCAMBIO DE COMPONENTES CON OTRO MOLINO U OTRAS OBSERVACIONES	REPARACION TAPA TRABAJO CHICA	REPARACION TAPA CARGA GRANDE	REPARACION TAPA DESCARGA	CAMBIO POLEA TRACCION FAJAS TAMBOR	CAMBIO FAJAS TRACCION TAMBOR	CAMBIO RODAJES Y SELLOS ACOPLADOR HID. + ACEITE NUEVO	CAMBIO ACOPLADOR HID. POR UNIDAD NUEVA DE OTRO MOLINO	CAMBIO FAJAS 5V2120 SEGUNDA TRANSMISION	CAMBIO FAJAS 5V1000 MOTORIZACION	CAMBIO EJE POLEA SEGUNDA TRANSMISION	CAMBIO RODAJE TAMBOR MOTRIZ + RECUPERACION AJUSTES	CAMBIO RODAJE TAMBOR CONDUCIDO + RECUPERACION AJUSTES	AJUSTE MANGUITO RODAJE TAMBOR MOTRIZ	AJUSTE MANGUITO RODAJE TAMBOR CONDUCIDO	CAMBIO RODAJES + SELLOS + RECUPERACION AJUSTES SEGUNDA TRANSMISION	CAMBIO RODAJES + SELLOS + RECUPERACION AJUSTES PRIMERA TRANSMISION	SOLO PULVERIZADO + CAMBIO ACEITE RODAJE TAMBOR MOTRIZ	SOLO PULVERIZADO + CAMBIO ACEITE RODAJE TAMBOR CONDUCIDO	CAMBIO POLEA VOLANTE CHICA	CAMBIO POLEA ACOPLADOR HID.	MANTENIMIENTO TOTAL MOTOR PRINCIPAL (CAMBIO RODAJES + BALANCEO + LAVADO BOBINAS + REP. PATAS) CAMBIO DE MOTOR	MANTENIMIENTO TOTAL MOTOR AUXILIAR (CAMBIO DE RODAJES + BALANCEO + LAVADO DE BOBINAS) CAMBIO DE MOTOR	SISTEMA ELECTRICO	MANTENIMIENTO BANCADA Y/O CIMENTACION UNIDAD MOTRIZ
25/03/2007	26/03/2007	4	MP							X																			
25/03/2007	02/05/2007	2	F		FUGA ACEITE X ACOPLADOR HID ROTURA DE FAJAS 5V1000						X			X												X				
05/05/2007	15/05/2007	2	F		ALTO AMPERAJE X COLOCACION DE POLEA DE ACOPLADOR HID. MUY GRANDE. SE MANDA A REBAJAR LA POLEA									X												X				
01/05/2007	01/06/2007	6	F											X															
02/06/2007	02/06/2007	6	F											X															
03/06/2007	10/06/2007	6	F		POR LAS ROTURAS SUCESIVAS DE FAJAS 5V 1000 SE INTERVIENE ACOPLADOR HID. SE MANDA A FABRICAR POLEA A CEMAS						X			X												X				
13/06/2007	06/07/2007	7	F		ROTURA DE RODAMIENTO TAMBOR MOTRIZ											X													
25/07/2007	25/01/2008	1	MP		GRAN MANTENIMIENTO + EMBOCINADO DE MUÑON (EVENTOS : TRASLADO DEL CONJUNTO MOTOACOPLADOR HID. AL MOLINO 4 SE RECIBE MOTOR DEL MOLINO 4 REPARADO+ACOPLADOR HID. NUEVO T-1; TRASLADO DE SEGUNDA TRANSMISION COMPLETA AL MOLINO 6 Y A LA TRANSMISION ENTRANTE BE L					X	X		?		X							X	X							
10/08/2007	13/08/2007	4	MP								X			X															
11/08/2007	12/09/2007	4	F*		SE QUEMA MOTOR QUE VENIA VIBRANDO PERO SUPERVISOR DE PRODUCCION NO HACE CASO DEL AVISO. SE VE ROTURA DE PATA SE DESTROZA ACOPLADOR HID. SE COLOCA EXMOTOR DEL MOLINO 5 CON ACOPLADOR HID DEL MOLINO 1 ADAPTANDO EJE CON PIÑON								X														X			
14/09/2007	17/09/2007	4	MP		EX MOTOR DE MOLINO 5 FUNCIONA CON EXCESIVA VIBRACION SE COORDINA CON SUPERVISOR PARA PARARLO ANTES DE UN DAÑO SE COLOCA MOTOR DEL MOLINO 1 VOLVIENDO A COLOCAR EL MISMO EJE CON PIÑON DEL ACOPLADOR HID.								X														X			
02/10/2007	02/10/2007	6	F											X															
02/10/2007	02/10/2007	6	F											X (598)															
03/10/2007	03/10/2007	6	F										X	X															
09/10/2007	09/10/2007	6	F							X			X																
09/10/2007	15/10/2007	5	F	X	SEGUNDA TRANSMISION INC. FAJAS 5V2120 (EXCEPTO SOPORTE SIAMES PARTIDO) + MOTORIZACION AUXILIAR (EXCEPTO MOTOR) DEL MOLINO 1 AL MOLINO 6 POR DESGASTE EXCESIVO DEL EJE POLEA									(X)																	
27/12/2007	05/01/2008	5	F		ROTURA DE RODAMIENTO LADO POLEA TAMBOR PRIMERA TRANSMISION				X			?											X								
24/01/2008	24/01/2008	3	F	X									X																
28/01/2008	28/01/2008	1	F	X																									
30/01/2008	06/02/2008	3	F*		MOTOR PRINCIPAL SE QUEMA X FALLA DE RODAMIENTO DELANTERO. SE DETECTO 1 SEMANA ANTES PERO NO SE PUDO PARAR X PRODUCCION SE MANDA A REBOBINAR Y REPARAR MOTOR Y SE ESPERA SU LLEGADA. SE DESARMA ACOPLADOR HID. PARA REVISION SE ENCUENTRA FALLA DE ASIENTOS SE M							X																	X		
03/02/2008	03/02/2008	5	F		FUGA EN ACOPLADOR HID. X RETEN POLEA SE SACA ACOPLADOR HID. AL MOMENTO DE DESARMAR SE OBSERVA IMPULSOR ROTO SE DECIDE PRESTARNOS ACOPLADOR HID NUEVO DE ALMACEN Y COLOCARLO PARA NO PARAR MUCHO EL EQUIPO YA QUE SE TENIA EL 3 TAMBIEN PARADO X MOTOR							X	X														X			
29/02/2008	29/02/2008	4	MP		MOTOR ORIGINAL DEL MOLINO 4 QUE ESTABA EN EL MOLINO 1 REGRESA A SU MOLINO ORIGINAL + EL ACOPLADOR HID. T-1T NUEVO, Y EL MOTOR 120 KW CON SU ACOPLADOR HID. REGRESA AL MOLINO 1									X																	
01/03/2008	01/03/2008	4	F											X															
03/03/2008	10/03/2008	4	F		TEMPLADOR MALOGRADO. MOTOR SE CORRIA Y AFLOJABA FAJAS 5V1000, SE PONE CUÑA ENTRE PLANCHA DE 2DA TRANSMISION Y LA DEL MOTOR Y QUEDA OK									X																	
04/03/2008	13/03/2008	3	F*		MOTOR PRINCIPAL TENIA VIBRACION, SE QUEMAN LAS FAJAS Y FUGA ACEITE POR EL ACOPLADOR HID. PARA PREVENIR FALLAS FUTURAS DE MOTOR PRINCIPAL SE DECIDEI HACERLE MANTENIMIENTO SE COLOCA EXMOTOR DE MOLINO 5 RECIEN REPARADO PERO EN VACIO PUESTO CON EL ACOPLADOR							X	X		X													X	X		
07/03/2008	08/03/2008	7	MP											X															
21/03/2008	21/03/2008	5	MP																										
03/04/2008	03/04/2008	4	MP																	X									X
21/04/2008	28/04/2008	4	MP																										
05/05/2008	06/05/2008	5	MP		CAMBIO ORING TAPA CHUMACERA LADO PARED CON FUGA					X																			
15/05/2008	19/05/2008	3	F		FUGA EN ACOPLADOR HID. X RETEN SE INTENTA EXTRAER ACOPLADOR HID. PERO NO SALE SE OPTA POR CAMBIAR EL CONJUNTO MOTO ACOPLADOR HID. POR EL EXMOTOR DEL MOLINO 5 EN STAND BY Y EL ACOPLADOR HID REPARADO QUE SALIO DEL MOLINO 2							X															X			
24/05/2008	24/05/2008	1	F											X															
29/05/2008	29/05/2008	2	F											X															
05/06/2008	05/06/2008	3	F		FUGA DE ACEITE POR TAPA DELANTERA SE TRATA EL ACOPLADOR HID. IN SITU (SE CAMBIA SELLO DELANTERO Y EMPAQUE)						X																			
16/07/2008	16/07/2008	3	CB		ACOPLADOR HID. ORIGINAL DE MOLINO 3 DE BAJA (SE REVISA EN TALLER ACOPLADOR HID. ORIGINAL DEL MOLINO 3 EXTRAIDO POR TERCEROS PORQUE SE HABIA AGARROTADO PARA REPARARLO Y DEJARLO EN STAND BY TRATANDO DE ACELERAR PREVIENDO FALLAS EN EL MOLINO 3 CUYO MOTOR P/R																									
19/07/2008	26/07/2008	3	MP		CAMBIO DE FORROS Y LIFTER SE APROVECHA PARA REPARAR PATA RAJADA DE MOTOR (TENIA PUESTO EL EXMOTOR DEL MOLINO 5). SE RETIRA SE COLOCA EL MOTOR ORIGINAL DEL MOLINO 3, ES ROJADO DURANTE EL CAMBIO DE LIFTER SE LLEVA A SECAR Y BALANCER JUNTO CON EL ACOPLADOR							X																	X X		
07/08/2008	07/08/2008	5	F		SE PASA CONJUNTO MOTOACOPLADOR HID. DEL MOLINO 1 AL MOLINO 5 POR FALLA DE UNA FASE A TIERRA DEL MOTOR								X																X X		
07/08/2008	15/08/2008	1	F		FALLA DE RODAMIENTO PROVOCA A SU VEZ FALLA DEL RELE TERMICO CONTACTOS AUXILIARES, RODAMIENTO CON INDENTACIONES EN PISTA EXTERIOR CARA INTERIOR. AI TENER A LA VEZ PARADO EL MOLINO 5 SE OPTA POR RETIRAR EL MOTOACOPLADOR HID. DEL 1 Y PONERLO AL MOLINO 5. EL												X														
11/08/2008	11/08/2008	4	MP		RAJADURA EN PATA DE MOTOR DETECTADA 3 SEMANAS ANTES SE PARO PARA HACER UN CORRECTIVO PROGRAMADO. SE PUSO EL EXMOTOR DEL MOLINO 5 QUE SE HABIA								X																X X		
15/08/2008	24/08/2008	5	MP		PREPARACION PRUEBA CERAMICA DE MONOPORDOSO SE RETORNA MOTOR + ACOPLADOR HID. AL MOLINO 1 Y SE COLOCA MOTOR+ACOPLADOR HID. DEL MOLINO 4								X																X		
25/08/2008	25/08/2008	1	MP		INSPECCION Y CAMBIO ACEITE SEMANAL DE CHUMACERA MOTRIZ X FALLA RECIENTE, SE SIGUEN ENCONTRANDO PERNOS DE TAPA ROTOS																										
28/08/2008	28/08/2008	7	MP		ALGUNAS FAJAS VOLTEADAS MOTORIZACION									X															
01/09/2008	01/09/2008	4	MP		SE RETIRA MOTOR EN PRESTAMO DE PRENSAS SE COLOCA MOTOR+ACOPLADOR HID. DEL MOLINO 5																								X		
02/09/2008	02/09/2008	5	MP		ALGUNAS FAJAS VOLTEADAS MOTORIZACION									X															
02/09/2008	20/10/2008	7	MP		GRAN MANTENIMIENTO + EMBOCINADO DE MUÑON				X		X			X	X					X	X			X	X	X			
09/09/2008	09/09/2008	5	F		LUEGO DE 1 MOLNADA SE ESTRIA SE VUELVE A TEMPLAR									X															
09/09/2008	09/09/2008	1	MP		INSPECCION Y CAMBIO ACEITE SEMANAL DE CHUMACERA MOTRIZ X FALLA RECIENTE, SE SIGUEN ENCONTRANDO PERNOS DE TAPA ROTOS																				X						
10/09/2008	10/09/2008	2	F		SE ROMPEN FAJAS B-99 SE ENCUENTRAN ESTIRADAS LAS DEMAS FAJAS					X			Y	X																
21/09/2008	21/09/2008	3	MP		FALLA DEL ACOPLADOR HID. VIBRACION DE RODAMIENTO						X																		
03/10/2008	03/10/2008	2	F											X															
09/10/2008	10/10/2008	3	F		INTERRUPTOR PRINCIPAL MALOGRADO SE PUENTEA HASTA COMPRAR A LOS 3 DIAS SE CAMBIA																									X	
17/10/2008	23/10/2008	5	MP		CAMBIO FORROS Y LIFTER PRODUCCION																								
21/10/2008	28/10/2008	7	MP	X	COLOCACION DE FORROS Y LIFTER DEL MOLINO 5 AL MOLINO 7																								
28/10/2008	30/10/2008	3	MP		SE PARA POR ALTA VIBRACION DE MOTOR SE CAMBIA X MOTOR STAND BY EX MOLINO 5 AL DESTAPAR EL MOTOR SE ENCUENTRA ROTO LA JAULA DEL RODAJE LADO ACOPLADOR HID.						X		X																X		
31/10/2008	01/11/2008	5	F		ROTURA DE EJE EXMOTOR DE MOLINO 5 SE COLOCA MOTOR STAND BY DE PRENSAS									X														X		
04/11/2008	05/11/2008	5	F		TRABAMIENTO DE RODAMIENTO EL DESTROZO DE JAULA CORTA UNA FASE DEL BOBINADO SE COLOCA MOTOR REPARADO DEL MOLINO 3																								X		
03/12/2008	05/12/2008	4	MP		FUGA ACEITE X ACOPLADOR HID. LADO MOTOR SE PARALIZA COORDINADAMENTE AL DESMONTAR SE ENCUENTRA SOLTURA MECANICA SE ENVIA EJE A METALIZAR A FMREM							X																			
07/12/2008	09/12/2008	4	F		NUEVA FUGA DE ACEITE X ACOPLADOR HID. LADO MOTOR SE ENCUENTRA CORRIDO EL EJE POR SOLTURA EN EL ALOJAMIENTO DE LA POLEA SE CAMBIA POLEA Y OTRO EJE METALIZADO							X			X - X													X			
11/12/2008	11/12/2008	4	F		INTERRUPTOR PRINCIPAL MALOGRADO SE PUENTEA HASTA COMPRAR A LOS 7 DIAS SE CAMBIA X UNO DE 400A																									X	
15/12/2008	15/12/2008	1	MPT						X																				
17/12/2008	17/12/2008	5	MPT						X																				
22/12/2008	07/01/2009	4	F		AMPERAJE ELEVADO X FASE A 180A SE DETECTA RUIDO EN PRIMERA TRANSMISION APARENTE TRABADURA DEL RODAJE SE PARA PARA HACERLE MANTENIMIENTO A LA PRIMERA TRANSMISION					X																	X			
14/01/2009	14/01/2009	4	F		DESTIEMPLE DE FAJA CAMBIADA 5V2120								X																
13/01/2009	13/01/2009	7	F	X	ROTURA PERNOS DE POLEA ACOPLADOR HID. APARENTE TRABAMIENTO CON TACO O MALA SECUENCIA DE FASES						X																	X			
13/12/2008	14/01/2009	1	MPT						X																				
15/01/2009	20/01/2009	2	MP		MANTENIMIENTO PROGRAMADO PARA AJUSTE DE MANGUITO CHUMACERA MOTRIZ DETECTADO POR INSPECCION					X			X					X												
16/01/2009	16/01/2009	1	MP		FAJAS 5V2120 SE VOLTEAN SE COORDINA CON PRODUCCION LA PARADA								X																	
22/01/2009	22/01/2009	1	MP		REVISION RUTINARIA DE LA CHUMACERA MOTRIZ																							X	
22/01/2009	22/01/2009	3	MP		TEMPLADO DE FAJAS TEMPLADOR DE FAJAS QUEDA DETERIORADO					X			X	X															
25/01/2009	26/01/2009	2	F		QUEMADO DE CABLES DE FUSIBLE A CONTACTOR NO ADECUADOS (ERAN AUTOMOTRICES) DAÑO DE LLAVE SE TRASLADA CABLES Y LLAVE PRINCIPAL DEL MOLINO 3 TAMBIEN PARADO POR FALLA DE ACOPLADOR HID. AL MOLINO 2																									X	
24/01/2009	24/01/2009	7	MPT		SE ENTREGA VALVULA DE DESCARGA AL MOLINO 7 QUEDANDO TODOS LOS MOLINOS CON VALVULA DE DESCARGA																										
26/01/2009	26/01/2009	5	F		ROTURA DE ROTOR EXTERIOR DE ACOPLADOR HID. SE TRASLADA CONJUNTO MOTOACOPLADOR HID. DEL MOLINO 6 AL MOLINO 3 PARA ARRANCAR EL MOLINO 3 CUYA LLAVE Y CABLE SE USO PARA ARRANCAR EL MOLINO 2 SE TRASLADO LA LLAVE Y CABLE DEL MOLINO 6								X																X		X
26/01/2009	02/02/2009	5	MP		PARADA COORDINADA PARA AJUSTAR MANGUITO DE AMBAS CHUMACERAS QUE ESTABAN DESCALIBRADAS SEGUN ULTIMA INSPECCION SE ENCUENTRA RODAJE DE CHUMACERA CONDUCIDA CON DAÑO SE OPTA POR EL CAMBIO SE TRASPASA CONJUNTO MOTOR + ACOPLADOR HID. DEL MOLINO 2 AL 6								X						X	X										X		X
02/02/2009	28/02/2009	2	F		PARO POR TRABAMIENTO DE RODAJE PRIMERA TRANSMISION																						X				
19/02/2009	19/02/2009	1	F										X	X	X														
17/02/2009	17/02/2009	1	F										X																
16/02/2009	16/02/2009	5	F										X																
20/02/2009	20/02/2009	5	MP		SE CAMBIO EL MOTOR DEL M5 POR EL MOTOR DE 90 KW (EL —)																										
21/02/2009	21/02/2009	5	F		FUGA DE ACEITE POR ACOPLADOR HID. SE LLEVA A TALLERES PARA SU REPARACION SE ENCUENTRA SEEGER DETERIORADO Y ASIENTOS SIN AJUSTE DE SU EJE. AL PARAR EL MOLINO 3 POR LA PRIMERA TRANSMISION SE OPTA POR RETORNAR EL CONJUNTO MOTOACOPLADOR HID. ORIGINAL DE E								X																X		
02/03/2009	03/03/2009	5	P		PARO POR TRABAMIENTO DE RODAJE PRIMERA TRANSMISION SE APROVECHA TAMBIEN PARA CAMBIAR TEMPLADORES DETERIORADOS DE TRANSMISION								X																X	X	X
03/03/2009	03/03/2009	1	MP		CAMBIO DE FAJAS SE TUVO PROBLEMAS CON PERNO TEMPLADOR DE FAJAS SEGUNDA TRANS LADO BALSAS SE PONE DEL MOLINO 2									X																
11/03/2009	11/03/2009	1	F		ACOPLADOR HID. CON FUGA DE ACEITE SE PONE MOTOR ORIGINAL DEL MOLINO 2 (QUE ANTES ESTABA EN EL 6) Y ACOPLADOR HID. 4A								X															X		
12/03/2009	13/03/2009	1	MPT		REPARACION MOTOR MOLINO 1																							X	
24/03/2009	24/03/2009	3	MP		ACOPLADOR HID. FUGA ACEITE LEVEMENTE (EN LA ULTIMA REPARACION SE HABIA PUESTO RETEN GRANDE CON ABOLLADURA POR NO HABER STOCK) SE COLOCA MOTOR REPARADO ORIGINAL DEL MOLINO ??? CON ACOPLADOR HID REPARADO ???								X															X		
26/03/2009	07/04/2009	1	F		ROTURA DE RODAMIENTO CHUMACERA LADO BALSAS								X				X										X		
27/03/2009	27/03/2009	0	F		MOTOR CON VIBRACION RODAJE DELANTERO LADO ACOPLADOR HID. SE DECIDE INTERVENIR								X															X		
15/02/2009	16/04/2009	4	MPT						X																				
15/02/2009	20/04/2009	2	MPT						X																				
20/02/2009	23/04/2009	1	MPT						X																				
11/04/2009	29/04/2009	5	F		VENIA SALTANDO CONSTANTEMENTE TERMICO EN DIAS ANTERIORES . HACIENDO SEGUIMIENTO SE DETECTA RUDO EN PRIMERA TRANSMISION SE DESMONTA Y SE ENCUENTRAN TRAMO DE EJE EN ASIENTO DE POLEA GRANDE CON RAJADURA Y ASIENTO DE RODAJE LADO POLEA TAMBOR RAYADO CON TOT								X				X												X		
18/04/2009	22/04/2009	2	F		FUGA ACEITE MOLINO 2 SE INTERVIENE REEMPLAZANDO POR EL MOTOACOPLADOR HID. DEL MOLINO 5 PARADO								X																X		

PROPIETARIO: CERAMICA SAN LORENZO S.A.C. PLANTA DE PRODUCTOS CERAMICOS		AREA: PLANTA 1 TALLER DE MANTENIMIENTO	
PLANO: HISTORIAL DE FALLAS DE LOS MOLINOS DE PASTA			FECHA: 24/04/09
CAD: C.J.O	REVISADO: J.R.CH	APROBADO:	ESCALA:
			PLANO Nº: 188

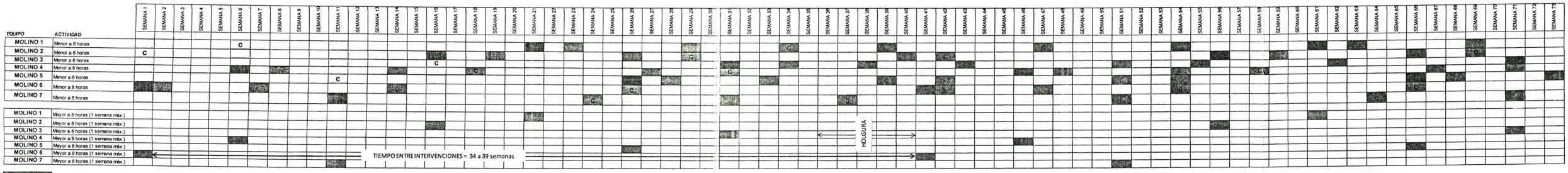
PLANO 5

DIAGRAMA DE GANTT: ESTRATEGIA INICIAL VS ESTRATEGIA FINAL

ESTRATEGIA INICIAL PROPUESTA



ESTRATEGIA FINAL



PROPIETARIO: CERAMICA SAN LORENZO S.A.C. PLANTA DE PRODUCTOS CERAMICOS			AREA: PLANTA 1 TALLER DE MANTENIMIENTO
PLANO: DIAGRAMA DE GANTT NIVELES Y PERIODOS DE INTERVENCIONES A LOS MOLINOS DE PASTA ESTRATEGIA INICIAL VS ESTRATEGIA FINAL			FECHA: 24/04/09
CAD: C.J.O	REVISADO: J.R.CH	APROBADO:	ESCALA:	PLANO N°: 189