



Universidad
Carlos III de Madrid

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA TÉCNICA ELECTRÓNICA

PROYECTO FIN DE CARRERA

ESTUDIO DE LA INCORPORACIÓN DEL AUTOMANTENIMIENTO EN UN EQUIPO INDUSTRIAL

Autora: Ángela Torres González.

Tutora de la Universidad: Virginia Urruchi del Pozo.

Tutor de la Empresa: Javier Villa Escudero.

Leganés, Julio de 2012



AGRADECIMIENTOS

Agradecer al grupo Nutrexa por darme esta oportunidad, y sobre todo al personal de Mantenimiento, por las enseñanzas y consejos. También agradecer a mi compañera de trabajo Laura García Mateos por los innumerables consejos y aportaciones realizadas que me ha dado para la realización de este proyecto y agradecer su compañía, durante tantas horas sentadas en la mesa redonda frente al ordenador.

Agradecer a la ayuda incondicional e inagotable de mi familia que siempre han estado hay tanto para leer y releer el PFC como para obligarme a despejarme y ver las cosas desde otra perspectiva, por eso a todos vosotros (Cris, Esther, Carlos y a todos mis primos, tíos y cuñados) muchísimas gracias. Sobretudo y por las ganas de que algún día la sirva de inspiración a mi brujilla especial, Ireia. Pero sin olvidar a las dos personas que han hecho que todos mis sueños se hagan realidad costase lo que costase a mis padres Crispulo y Angelines por hacer de mi lo que soy.

Agradecer la ayuda a mis amigos por todos estos años y la gran amistad que nos une. También agradecer la compañía de mis compañeros de universidad que tantos momentos buenos hemos pasado.

Agradecer las aportaciones realizadas por parte de mi tutora Virginia Urruchi del Pozo.

Tio, aunque te echamos en falta pero intentamos que todos los días estés orgulloso desde donde estés también a ti agradecértelo.



DEDICATORIA.

Dedico mi Proyecto Fin de Carrera a dos personas muy especiales, primero a mi prima porque siempre intentare parecerme a ella por su gran corazón y humildad, para ti Yaiza. Y también a la persona que siempre está y estará a mi lado, consiguiendo que se refleje en ti lo mejor de mí. Para ti también José Manuel y por todo lo que conseguiremos juntos.....





ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	9
1.1 Motivación personal.....	10
1.2 Estructura del documento.....	10
1.3 Objetivos del proyecto.....	11
2.-INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO.....	13
2.1 Evolución histórica del Mantenimiento en España.....	14
2.2 Términos fundamentales.....	17
2.2.1 Definición de Mantenimiento.....	17
2.2.2 Gestión de Mantenimiento.....	18
2.3 Tipos de Mantenimiento.....	19
2.3.1 Mantenimiento Correctivo.....	20
2.3.2 Mantenimiento Preventivo.....	22
2.3.2 Mantenimiento Predictivo.....	24
2.4 Inercias del Mantenimiento.....	25
2.5 Organización del Mantenimiento.....	27
2.6 Mantenimiento como coste o como beneficio.....	29
3.- MANTENIMIENTO EN LÍNEAS DE PRODUCCIÓN.....	31
3.1 Introducción.....	32
3.2 Normativa.....	33
3.3 Definiciones fundamentales.....	34
3.4 Indicadores del estado en las Líneas de Producción.....	35
3.5 Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo en las Líneas de Producción.....	39
3.5.1 Objetivos y factores del Plan de Mantenimiento Preventivo.....	39
3.5.2 Medios para la consecución del Plan de Mantenimiento Preventivo.....	41
3.5.3 Documento, Plan de Mantenimiento Preventivo, PMP.....	43
3.5.4 Desarrollo del Automantenimiento.....	48
3.6 Caso práctico.....	49
3.6.1 Caso práctico de Mantenimiento Correctivo.....	49
3.6.2 Caso práctico de Mantenimiento Preventivo.....	50
3.6.3 Caso práctico de Mantenimiento Predictivo.....	51



3.7 Guía de uso Plan de Mantenimiento Preventivo.....	52
3.7.1 Introducción.....	52
3.7.2 Descripción del programa.....	53
4.- HORNO INDUSTRIAL.	58
4.1 Generalidades de la máquina a automatizar.....	59
4.2 Fabricantes de hornos industriales.	60
4.3 Tipo de Horno industrial.....	62
4.4 Diseño mecánico de un Horno Industrial.....	68
4.5 Diseño eléctrico de un Horno Industrial.....	70
5.- IMPLEMENTACIÓN DEL AUTOMANTENIMIENTO EN EL AUTOMATA PROGRAMABLE.....	79
5.1 Entorno de automatización.....	80
5.2 Solución de la automatización.....	86
6.- CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.....	101
PRESUPUESTO.....	103

ÍNDICE DE FIGURAS.

- Figura 1. Evolución del Mantenimiento durante siglo XX.
- Figura 2. Evolución cronológica de las tendencias en la Gestión de Mantenimiento.
- Figura 3. Definición de Mantenimiento.
- Figura 4. Terminología del Mantenimiento según Norma EN-13306.
- Figura 5. Tipos de Mantenimiento según Norma AFNOR NFX 60-010.
- Figura 6. Organigrama clásico de la gestión de la empresa.
- Figura 7. Desarrollo de los Indicadores para la fábrica de galletas Cuétara, Nutrexpa.
- Figura 8. Importancia de los Indicadores en la empresa.
- Figura 9. Distribución de probabilidad de la vida de una pieza.
- Figura 10. Resumen del Proceso de desarrollo del PMP.
- Figura 11. Ejemplo de la ficha técnica para el documento del PMP.
- Figura 12. Parte inferior de un Horno Industrial, detalle de un rodillo y su rodamiento.
- Figura 13. Figura que muestra el engrase del rodamiento.
- Figura 14. Figura que muestra el rodamiento con la marca para la verificación de giro.
- Figura 15. Figura del soporte para la medición de temperatura.
- Figura 16. Captura del Excel, representa el Menú Principal.
- Figura 17. Captura de la hoja de Cálculo del Mantenimiento Correctivo.
- Figura 18. Captura de la hoja de Cálculo del Mantenimiento Preventivo.
- Figura 19. Captura de la OT N°2.
- Figura 20. Captura del detalle del Mantenimiento Preventivo.
- Figura 21. Captura de la hoja de Mantenimiento Predictivo.
- Figura 22. Representación gráfica de una Línea de Producción de galletas.
- Figura 23. Fotografía del un horno de Fuego Directo, DGF, de Baker Perkins, ubicado en la línea de producción.
- Figura 24. Detalle da la zona de cocción para un horno de Gas de Fuego Directo, DGF, de Baker Perkins.
- Figura 25. Detalle del interior y exterior en 3D para un Horno de Gas de Fuego Directo.
- Figura 26. Fotografía del Horno de convección indirecto, Jetric.
- Figura 27. Diagrama del funcionamiento de un Horno de convección directa.
- Figura 28. Distribución del calor de un horno de convección directa.
- Figura 29. Diagrama de funcionamiento de un horno de convección indirecto.

Figura 30. Fotografía de la salida de un horno híbrido, de Baker Perkins.

Figura 31. Diagrama de funcionamiento de un horno híbrido.

Figura 32. Resumen de la gama de hornos.

Figura 33. Seccionador sirco_158_b_1_cat.

Figura 34. Interruptor automático de Scheinder Electric.

Figura 35. Contactor LC1D093B7.

Figura 36. Variador de velocidad VariSpeed E7.

Figura 37. Cuadro eléctrico SIVACON S4.

Figura 38. Pulsadores Scheider electri/Telemecanique.

Figura 39. Pulsador verde.

Figura 40. Seta de Emergencia.

Figura 41. Balizas XVM.

Figura 42. Sensor inductivo PXI400 de Simatic.

Figura 43. Contador digital Omron Ref.:H7EC-NV-B.

Figura 44. Elementos que componen el sistema de automatización. [Manual Step 7]

Figura 45. Tabla de configuración del PLC.

Figura 46. Diagrama de flujo del proceso. [Manual Step 7]

Figura 47. Componentes para la automatización.

Figura 48. Red que compone el autómeta.

Figura 49. Conexiones que componen el autómeta.

Figura 50. Diagrama de flujo del sistema [parte inicial].

Figura 51. Workflow o diagrama de flujo de FC1 "Función fallos".

Figura 52. Pantalla principal.

Figura 53. Segunda pantalla.

Figura 54. Tercera pantalla.

Figura 55. Representación gráfica de los diferentes estados en los que se pueden encontrar la baliza.

Figura 56. Representación gráfica de los sensores con diferentes estados en los que se puede encontrar.



ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Normativa básica para el sector alimenticio.

Tabla 2. Diagrama de evolución de los factores de Mantenimiento.

Tabla 3. Tabla explicativa de la utilización de la baliza.

Tabla 4. Características técnicas de cada componente que forman parte del PLC.

Tabla 5. Tabla de variables que forman parte del proceso de funcionamiento del horno industrial.

ÍNDICE DE GRÁFICAS.

Gráfica 1. Evolución del rendimiento (η), coste (€) y beneficio (B0) del Mantenimiento.

Gráfica 2. Formación académica del Jefe de Mantenimiento.

Gráfica 3. Distribución del coste (%) frente a la evolución cada año del Mantenimiento Correctivo y Preventivo.

Gráfica 4. Distribución del coste del Mantenimiento.

Gráfica 5. Gráfica representativa del modelado del quemador.

Gráfica 6. Diagrama de cocción.



CAPITULO 1.-

INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se expone una breve justificación del proyecto, analizando el contexto en el cual se realiza, la motivación personal, la estructura y objetivos. Todo ello trata de explicar que es un proyecto realizado en una empresa externa y que refleja el trabajo realizado allí. En todo momento tratando la información de la fábrica de manera genérica, ya que toda información específica no se ha podido revelar.



1.1 Motivación personal.

La creación de este Proyecto surge como consecuencia de la incorporación de la alumna que ha desarrollado este trabajo, Ángela Torres González, como becaria en la empresa *Nutrexpa*, exactamente en su fábrica de *Cuétara*, situada en Villarejo de Salvanés (Madrid). La duración de la beca se extendió durante nueve meses, en colaboración con el departamento de Mantenimiento.

El trabajo consistió en adquirir conocimientos y desarrollar habilidades en organización del Plan de Mantenimiento Preventivo de las instalaciones industriales, completar el Plan Anual de Mantenimiento, elaborar gamas de cada activo y las instrucciones técnicas de proceso de cada gama, etc. Además, entre los objetivos se potenció la adquisición de habilidades para la preparación de coordinación de equipos de trabajo.

Gracias a ello, surgió la idea de realizar este estudio y la oportunidad de desarrollarlo. Su realización ha estado muy ligada al trabajo realizado en la fábrica. Además, el valor añadido ha sido la creación de una aplicación que facilita la predicción de resultados.

Para entender el motivo de la creación de este proyecto es necesario saber el contexto en el que se realiza. Como he comentando antes, este proyecto se realizó en el periodo de prácticas en empresa y por lo tanto para entenderlo mejor, es necesario comentar brevemente la evolución cronológica de la empresa y sus productos.

La empresa *Nutrexpa* nació en 1940 a través de una fundación formada por dos empresarios José Ignacio Ferrero Cabanach y D. José María Ventura Mallofré en el barrio de Gracia de Barcelona. Desde un primer momento se dedicó a la elaboración de productos alimenticios destinados al mercado doméstico, y en 1946 comenzó a comercializar el cacao en polvo *Cola Cao*, su producto estrella. La compañía expandió su negocio ampliamente hasta llegar a la adquisición en 2009 de *Cuétara*, así *Nutrexpa* se introduce en el mercado de las galletas infantiles, saladas y especiales.

1.2 Estructura del documento.

Para poder obtener el objetivo esperado en la realización del presente proyecto, éste se ha dividido en dos partes diferenciadas:

Una primera parte del trabajo, incluida en los capítulos 2 al 3, dirigida a exponer de forma clara y sencilla qué significa, en qué consiste, y como se gestiona el Mantenimiento. Posteriormente se proporciona los conocimientos y herramientas necesarias para construir un sistema de Automantenimiento.

Una segunda parte incluida en los capítulos 4 y 5 en adelante, donde una vez situados en el entorno de Automantenimiento se expone la solución al sistema autónomo de Mantenimiento de un horno industrial de la empresa referida.



1.3 Objetivos del proyecto.

A continuación se presenta los objetivos que se pretende conseguir para obtener la consecución del proyecto final, la automatización de un sistema autónomo basado en un horno industrial para el horneado de galletas a través del diseño y programación de un PLC S7-300 de Siemens y una pantalla táctil. La automatización del sistema precisa del conocimiento de aspectos claves como los que se detallan a continuación:

- Conocer la situación del Mantenimiento en el sector para determinar los puntos clave como: los Tipos de Mantenimiento, Inercias y Organización del Mantenimiento. Plasmar una breve justificación de la incorporación del Mantenimiento en la empresa, ya que representa una gran fuente de beneficios. Estas premisas se establecen el Capítulo 2.
- Una vez se ha logrado crear un escenario general, se requiere elaborar un marco más específico, necesario en el caso que nos ocupa por la reciente incorporación de gestión de Mantenimiento en Líneas de Producción ya instaladas. Para ello se concretan las Normas vigentes y primordialmente en este punto clave se diseña el Plan de Mantenimiento Preventivo en los equipos existentes. Primero se elaboran los pasos para la ejecución del Plan y los casos concretos para, posteriormente, programar en entorno Excel todos los datos recopilados. Los aspectos aludidos en este punto se recogen en el Capítulo 3.
- Realizar un soporte informático en Excel, para volcar todos los históricos del Mantenimiento Correctivo para saber de una manera funcional todas las averías concretas que ha tenido la máquina. Dejar plasmado un ejemplo para el caso concreto del Horno Industrial.
- Realizar otro fichero sobre una hoja de cálculo que programe el Plan de Mantenimiento Preventivo. Teniendo en cuenta:
 - Implementar el planning atendiendo a la Periodicidad, Elemento, Tarea a realizar y fecha programa.
 - Sobre la programación de cada tarea que muestre un planning dinámico atendiendo a los datos que va almacenando el operario en función de los Preventivos que va realizando. Esta modalidad debe contemplar un aspecto visual por colores para que al repasar la información en un sencillo vistazo se observe donde se debe aplicar el esfuerzo del departamento.
 - Encontrar una solución óptima de recoger información verídica de los parámetros observables definidos por la empresa en APPCC, dicho soporte nombrarlo como Mantenimiento Predictivo.
 - Encuadrar el aprovisionamiento de datos con la política de la empresa, ya que en el momento que se decida se deberá volcar a un soporte informático SAP.



- Realizar un diseño de los elementos necesarios para poner en marcha la automatización atendiendo a la legislación vigente.
- Especificar de una forma clara y sencilla el diseño mecánico con que se parte para realizar la automatización del Horno, ya que serán los parámetros que se implementen en el autómata. Los aspectos aludidos en este punto se recogen en el Capítulo 4.
- Implementar el funcionamiento de la máquina (horno) en el autómata s7-300 mediante la programación en SIMATIC Step 7. Diseñar la programación priorizando por la seguridad de la máquina y sus elementos. Integrar todo lo necesario para poderlo comprobar mediante el simulador de SIMATIC.
- Realizar la programación de la Pantalla Táctil, incluyendo en ella todos los aspectos visuales del funcionamiento del Horno Industrial, mediante el programa WINCC flexible 2008.



CAPITULO 2.-

INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO.

En este capítulo se va a encuadrar los aspectos básicos del Mantenimiento para su posterior comprensión. Está compuesto de los siguientes apartados: - un breve resumen de la evolución histórica del Mantenimiento, una recopilación de los términos fundamentales, una recopilación de la Normativa, un detallado esquema de los tipos de Mantenimiento, y por último comentar las Inercias y los costes frente a beneficios del Mantenimiento.

Inicialmente se describe la evolución de las técnicas y organización del Mantenimiento durante el S. XX para comprender la situación actual. Así se observan las tres etapas en las que se ha dividido el desarrollo del Mantenimiento en el sector convencional de la industria, y se avanza un paso más hacia la generación actual o cuarta generación. Actualmente la gestión del Mantenimiento está orientada, no a resultados, sino a clientes. También de forma creciente se enfoca hacia la subcontratación.

En los siguientes apartados se introducen los términos fundamentales del Mantenimiento, se explica las definiciones y gestión de Mantenimiento. Posteriormente se detallan los tipos de Mantenimiento, explicando definiciones, ventajas e inconvenientes y su campo de aplicación.

Para concluir, en este capítulo se comentan las inercias del Mantenimiento y se describen los costes del Mantenimiento para posteriormente compararlos con los beneficios.

2.1 Evolución histórica del Mantenimiento en España.

Las principales referencias que existen en diversa bibliografía sobre los tipos de Mantenimiento llevados a cabo, han concluido, de común acuerdo entre muchos autores, en establecer durante el siglo XX tres grandes etapas que, aunque no tienen una frontera clara entre ellas desde el punto de vista temporal, sí pueden dar una clara idea de cuál ha sido la evolución de las técnicas y organizaciones que se han ido implementando durante dicho siglo. El motivo de que no exista una frontera clara es fundamentalmente porque cada sector de la industria ha evolucionado de forma diferente.

Este análisis se va a centrar en los sectores convencionales. Estas tres etapas son: Primera, Segunda y Tercera Generación. A continuación se describe dichas etapas con la ayuda de la *Figura 1*. En la parte inferior de la misma se enumeran los objetivos que de forma generalizada se han marcado las empresas a lo largo de los decenios expuestos y, en la parte superior, los medios que, han utilizado (y siguen utilizando) para alcanzar dichos objetivos.

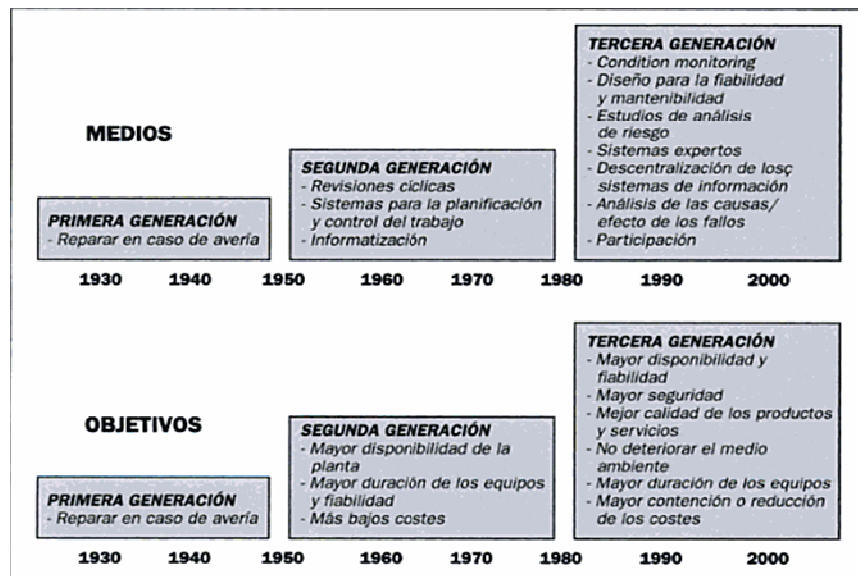


Figura 1. Evolución del Mantenimiento durante siglo XX.

En la parte izquierda de la *Figura 1* aparece una primera etapa, aproximadamente entre 1930 y 1950 (incluyendo la Segunda Guerra Mundial), en la que las actividades de Mantenimiento se ceñían a reparar las averías, periódicos reengrases, lubricaciones y limpiezas.

A partir de la Segunda Guerra Mundial, seguramente motivada por avances en sectores industriales, se inicia otra etapa muy diferente que se ha denominado Segunda Generación. En ella se definen como objetivos las disponibilidades operacionales de los medios de producción, barcos, aviones y ferrocarriles. Se define asimismo como objetivo, que los equipos duren lo máximo posible en condiciones operativas idóneas y todo ello con los costes más bajos posibles. La enorme competencia industrial que existía entre 1950 y finales de los años 70, desencadena una continua búsqueda de mejores resultados.



En esta etapa de Segunda Generación, para intentar conseguir los objetivos anteriormente expuestos se ponen en marcha sistemas de **Mantenimiento Preventivos** basados, como se verá en siguientes apartados, en revisiones cíclicas a los equipos e instalaciones y medios en general.

A partir de los años 70 se generalizó el uso de herramientas informáticas, todos estos sistemas de planificación y todas estas actividades de control se han ido implementando en bases de datos informatizadas, cuyo tratamiento ha optimizado los sistemas de toma de decisiones. Asimismo, asociado a este auge de la informática, han aparecido en el mercado herramientas de *software* para facilitar a los responsables de Mantenimiento todos estos trabajos de planificación y control.

En la década de los 80, se llegó a la conclusión de que el Mantenimiento de Segunda Generación, una vez optimizado en cuanto a las periodicidades y consistencias de las citadas revisiones cíclicas preventivas y una vez optimizados los sistemas de planificación y control, entraba en una situación de estancamiento; esto es, los índices más definitorios de cualquier actividad de Mantenimiento: la fiabilidad, la disponibilidad y los costes, se estabilizaban. Ello fue objeto de reflexiones por los principales expertos mundiales del Mantenimiento, concluyendo que esta situación de estancamiento se alcanzaba en un determinado límite en el que cualquiera de las tres ratios a mejorar implicaba el detrimento o empeoramiento de una de las dos asociadas. Así pues, para optimizar los costes minimizando los gastos de repuestos o minimizando la mano de obra, la disponibilidad y la fiabilidad se veían reducidas; si se pretendía aumentar la disponibilidad minimizando las paradas por revisión, la fiabilidad empeoraba, y si se quería mejorar la fiabilidad mediante un mayor estudio y análisis de las averías repetitivas o complejas o mediante la implantación de reformas en los equipos o instalaciones, la disponibilidad empeoraba.

Ante dicha situación de estancamiento, en los años 80 se empezó a hablar del Mantenimiento de Tercera Generación. Este Mantenimiento fundamenta sus objetivos, en primer lugar, en los tres anteriormente expuestos —disponibilidad, fiabilidad y costes—, pero aborda complementariamente otros aspectos relativamente poco analizados y perseguidos en etapas anteriores. La seguridad en los últimos veinte años del siglo XX pasó a ser prioritaria, con una gran tendencia a la emisión de normativas, reglamentaciones, leyes, órdenes, etc. enfocadas hacia este aspecto. La calidad en los servicios de Mantenimiento también empezó a tomar auge; la publicación de la Norma ISO 9000 en 1984, en su versión ISO 9002 se dirigía básicamente a empresas de servicios y supuso un empuje importante en este aspecto. La protección del medio ambiente también pasó a ser un aspecto crucial en cualquier actividad de Mantenimiento. En concreto, la publicación de la Norma ISO 14000, igual que para la calidad fue la ISO 9002, supuso un importante avance. La duración de los equipos mediante el análisis detallado de los costes del ciclo de vida (*LCC, Life Cycle Cost*) pasó a ser determinante en las decisiones de compra de los nuevos equipos. Ya no era sólo importante que el sistema, instalación o equipo fuera fiable y mantenible, era necesario que su coste total de ciclo de vida, entendiendo como tal la primera inversión, los costes financieros y los costes de operación, Mantenimiento y reemplazo, fueran los menores posibles. Era obvio que todos estos nuevos objetivos no podían ser abordados con un sistema como el de Segunda



Generación, estancado. Las exigencias de los equipos directivos aumentaban y el equilibrio estable de la disponibilidad, fiabilidad y coste no permitía cambios al Jefe de Mantenimiento, sin detrimento de alguna otra variable. Era preciso cambiar la filosofía del Mantenimiento.

La filosofía y técnicas del Mantenimiento de Tercera Generación se basan en la incorporación de nuevos métodos más proclives a intervenir en los equipos e instalaciones sólo cuando es necesario. Se tiende en esta nueva forma de entender el Mantenimiento a no establecer actividades preventivas rutinarias, salvo que las mismas sean de obligado cumplimiento o tengan una eficacia y rentabilidad contrastada. Así pues, aparecen los Mantenimientos según Condición (*MOC, Maintenance on condition*) o **Mantenimientos Predictivos** de los que se hablará también posteriormente en este proyecto. Estos últimos están encaminados a intervenir en la máquina antes de que se produzca el fallo, gracias al análisis de la evolución de una variable que realmente sea significativa y determine el estado de la máquina. En paralelo, otras muchas técnicas (*Reliability-Centered Maintenance —RCM—, Total Productive Maintenance —TPM—, etc*) intentan hacerse un hueco en el mercado.

El análisis de riesgos se presenta como una herramienta importante para las nuevas estrategias de Mantenimiento. Si el fallo de un equipo no supone ningún riesgo o dicho riesgo es mínimo y asumible, quizás sea más rentable dejar que falle. Los sistemas expertos que ofrece el mercado se incorporan masivamente a los elementos eléctricos, electrónicos y electromecánicos. Ya a partir de 1980 era difícil concebir un sistema de aire acondicionado o calefacción, una escalera mecánica, un nuevo ascensor, sin un autómatas programable que memorizase determinados eventos digitales o analógicos y que ayudase a su Mantenimiento. Los análisis de causas y efectos de los fallos aparecen también. No solamente hay que analizar la avería, sino que hay que ver sus causas dentro de un contexto operacional determinado que es el sistema. Los mismos equipos e instalaciones no fallan igual en un lugar u otro. Las causas son diferentes, luego las acciones también deben ser diferentes.

Para acabar el Mantenimiento de Tercera Generación, conviene hablar de los recursos humanos; de la situación relativamente totalitaria entre 1950 y 1970-75, en la que los operarios se debían limitar a hacer lo que se les dijese. Esta situación cambia, a partir de 1980, en el comienzan metodologías de participación. Los sistemas de calidad japoneses, pocas veces exitosos en Occidente, aportan iniciativas como los grupos de calidad, grupos de mejora, etc., que, inyectan en las empresas la conveniencia técnica y táctica de involucrar y corresponsabilizar a los mandos y operarios en las decisiones. Esta participación, con independencia del método con que se utilice, provoca un cambio en las relaciones humanas de los departamentos de Mantenimiento.

Por último, sobre todo de 1980, aparece en el sector de Mantenimiento una nueva variable: la externalización. La contratación externa de actividades de Mantenimiento se presenta como una iniciativa interesante para reducir costes en primera etapa y para aumentar la flexibilidad, o acceder a expertos. Este aspecto de contratación externa, o *outsourcing*, utilizando el conocido anglicismo, es tan importante que merece un tratamiento específico como el que se da en este proyecto, pues es considerado como una clara línea de mejora en cualquier empresa y sector.

Todo lo que se ha comentado anteriormente, que era válido hasta finales del siglo XX, empieza en la actualidad a sufrir cambios. Sobre todo las diferencias son aquellos puntos donde se están focalizando los esfuerzos en esta primera década del siglo XXI. En la *Figura 2* se utiliza un gráfico análogo al anterior para explicar estas diferencias.

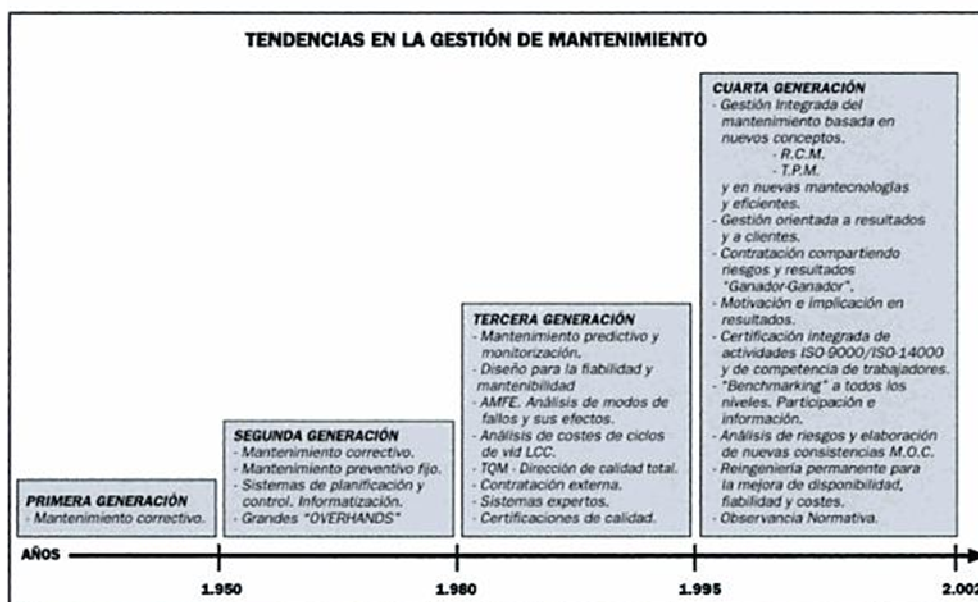


Figura 2. Evolución cronológica y tendencias en la gestión de Mantenimiento.

Aparece la cuarta columna relativa al Mantenimiento de Cuarta Generación. En ella se explican esquemáticamente los cambios que se producen. Principalmente la gestión de Mantenimiento se orienta no a resultados sino a los clientes. También un aspecto diferenciador es que se profundiza en la idea de la contratación externa como búsqueda de mejora de costes y de mejora simple del servicio prestado.

Por último, en este siglo XXI es crucial el cumplimiento de la normativa ya que ahora se incorpora a un mercado más globalizado y se tendrá un número mayor de reglamentos, pautas y recomendaciones europeas, sobre todo en temas de seguridad y medio ambiente.

2.2 Términos fundamentales.

2.2.1 Definición de Mantenimiento.

Para definir el Mantenimiento se necesita hablar en primer lugar de la **Norma EN-13306**, la cual entró en vigor en abril de 2001. El sistema de gestión que se va a tratar posteriormente se ciñe a dicha terminología, ya que está aprobada por el Comité CEN (*Comité Europeo de Normalización*) el 7 de marzo de 2001 y apoyada por la Asociación Española de Mantenimiento (AEM). Además se citan a continuación otra norma que explica la terminología de Mantenimiento, que es la Norma AFNOR NFX 60-010, la cual discrepa parcialmente con la primera.

En la Norma Europea EN-13306 especifican los términos genéricos y las definiciones técnicas, administrativas y de gestión del Mantenimiento. En ella se define el Mantenimiento como: *“Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión, durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o devolverlo a un estado en el cual pueda desarrollar la función requerida”*.

La Asociación Española del Mantenimiento define el Mantenimiento como: *“Conjunto de actividades técnicas y administrativas cuya finalidad es conservar o restituir un equipo en o a las condiciones que le permitan desarrollar su función”*, que concuerda con lo anteriormente citado.

Por lo tanto el Mantenimiento de los equipos principales y/o auxiliares, empieza cuando se adquiere el equipo, en caso contrario, cuando se necesite seguramente la máquina no funcione. Durante el ciclo de vida se realizan las acciones oportunas de Mantenimiento, finalizando en el momento justo de la renovación, como se muestra en la *Figura 3*.

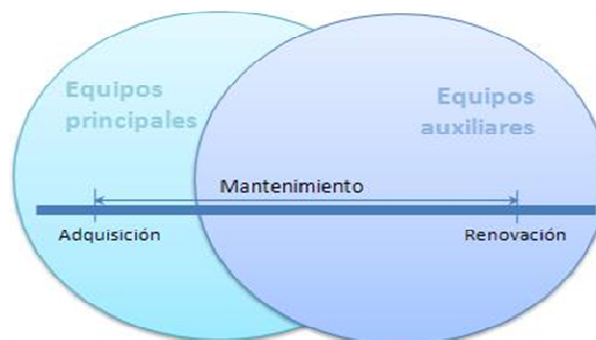


Figura 3. Definición de Mantenimiento.

2.2.2 Gestión del Mantenimiento.

En la Norma EN-13306 se detalla además la definición de gestión del Mantenimiento, como: *“Todas las actividades de la gestión que determinan los objetivos del Mantenimiento, las estrategias y las responsabilidades, y las realizan por medio de planificación del Mantenimiento, control y supervisión del Mantenimiento, mejora de los métodos en la organización incluyendo los aspectos económicos”*.

2.3 Tipos de Mantenimiento.

En este apartado, se describe en primer lugar, por su gran importancia anteriormente comentada, la clasificación que realiza sobre los tipos de Mantenimiento el CEN en la Norma EN-13306. A continuación se cita también la clasificación de la Norma AFNOR NFX 60-010 para comparar las discrepancias.

Como se puede ver en la *Figura 4*, el Mantenimiento para el Comité Normalizador tiene únicamente dos subdivisiones. Distingue entre Mantenimiento entre fallos, Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Correctivo. El Mantenimiento Preventivo, o Mantenimiento antes de la detección de una avería, a su vez, se subdivide en dos tipos: Mantenimiento basado en la condición (o también llamado Predictivo) y Mantenimiento sistemático (o también llamado Mantenimiento Preventivo Determinado). El Mantenimiento Correctivo, o Mantenimiento después de la detección de una avería, como segundo aspecto a resaltar, tiene dos divisiones en un nivel inferior: Mantenimiento diferido y Mantenimiento inmediato.

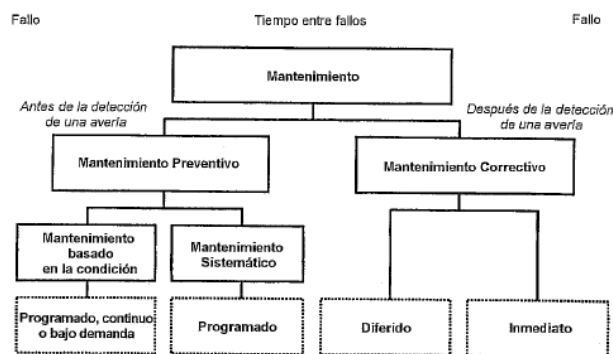


Figura 4. Terminología del Mantenimiento según Norma EN-13306.

Esta distribución difiere claramente en cuanto a Mantenimiento Preventivo de la Norma AFNOR NFX 60-010, que especifica, para el conjunto de acciones dedicadas a mantener o restablecer un bien en un estado determinado de calidad de servicio, tres tipos de **Mantenimiento**: Preventivo, Correctivo y **Predictivo**, entendiéndose por este último las actuaciones de Mantenimiento llevadas a cabo en función de unos parámetros o variables medidos y de los que se conoce su evolución. Dicha Norma AFNOR divide el Mantenimiento Preventivo en dos tipos: Sistemático (o Rutinario) y Condicional (predeterminado por un diagnóstico previo, por alguna información, etc). Además, como se observa en la *Figura 5*, en ambas normas definen por igual el Mantenimiento Correctivo.



Figura 5. Tipos de Mantenimiento según Norma AFNOR NFX 60-010.

A continuación se especifica cada tipo de Mantenimiento detalladamente y atendiendo a la Norma EN-13306, pues por lo anteriormente expuesto es la que mayor relevancia ha adquirido en el sector.

Los diferentes tipos de Mantenimiento se pueden combinar de forma tal que se obtenga el máximo rendimiento de las instalaciones. Es decir, se pueden realizar estudios constantes sobre las variables de funcionamiento de los equipos para anticipar cualquier posible fallo, y así adelantar o retrasar las tareas que establece el Mantenimiento Preventivo (de forma que no se tengan que detener las máquinas en el momento de mayor producción). En este esquema, también se puede realizar un Mantenimiento Correctivo en el muy poco probable caso de la rotura inesperada de una pieza. La presencia de todos estos métodos concurrentes en el tiempo tampoco invalida la realización de un Mantenimiento general básico constante.

2.3.1 Mantenimiento Correctivo.

Definición.

El Mantenimiento Correctivo, es aquel *“Mantenimiento ejecutado después del reconocimiento de una avería, y destinado a llevar un elemento a un estado en el que pueda desarrollar una función requerida”*. En este Mantenimiento se distinguen dos tipos:

- a) Mantenimiento Diferido, es aquel *“Mantenimiento Correctivo que no es ejecutado inmediatamente después de la detección de una avería, sino que es retrasado de acuerdo con las reglas de Mantenimiento dadas”*.
- b) Mantenimiento de Urgencia o Inmediato, es aquel *“Mantenimiento Correctivo que es ejecutado sin dilación después de que la avería se ha detectado, con el fin de evitar consecuencias inaceptables”*.



Ventajas e Inconvenientes.

- Ventajas:
 - ✓ Si el equipo está preparado la intervención en el fallo es rápida y la reposición en la mayoría de los casos será con el mínimo tiempo.
 - ✓ No se necesita una infraestructura excesiva, un grupo de operarios competentes será suficiente, por lo tanto el coste de mano de obra será mínimo, será más prioritaria la experiencia y la pericia de los operarios, que la capacidad de análisis o de estudio del tipo de problema que se produzca.
 - ✓ Máximo de aprovechamiento de la vida útil de los equipos.

- Desventajas:
 - ✗ Se producen paradas y daños imprevisibles en la producción que afectan a la planificación con una duración incontrolada.
 - ✗ Alto coste económico en material y recambios empleados. Esto se debe a que depende altamente de la administración de los materiales almacenados para realizar reparaciones.
 - ✗ Incrementa enormemente la probabilidad de paros en el área o inclusive de toda la planta.
 - ✗ Falta de seguridad debido a la condición del equipo.
 - ✗ Se basa principalmente en la habilidad del personal del departamento de Mantenimiento más que en técnicas precisas.

Para concluir, este tipo de Mantenimiento, suele producir una baja calidad en las reparaciones debido a la rapidez en la intervención, y a la prioridad en reponer antes que en reparar definitivamente. De este modo, crea el hábito a trabajar defectuosamente, sensación de insatisfacción e impotencia, ya que este tipo de intervenciones a menudo generan otras al cabo del tiempo por mala reparación por lo tanto será muy difícil romper con esta inercia.

Aplicación.

Su campo de aplicación será adecuada cuando el coste total de las paradas imprevistas sea menor que el coste total de las acciones preventivas. Es decir, será apropiado utilizar este tipo de Mantenimiento cuando el coste de los recursos humanos implicados, herramientas y útiles para efectuar los trabajos, suministro de repuestos a través del almacén de recambios y el taller auxiliar, formación y calidad del profesional para la detección de averías, repercusión en la parada de producción, etc., no sea superior al coste que supondría tener un Mantenimiento Preventivo.



Por lo tanto un buen y eficaz Mantenimiento Correctivo exige un apoyo bien estructurado y tecnificado, puesto que debe facilitar especificaciones claras sobre los sistemas de ajuste y control incorporados con instrucciones en los programas informáticos de dichos sistemas para que la reparación propiamente dicha sea rápida y sencilla, así como su control y puesta en marcha. Este tipo de Mantenimiento es el más utilizado sobre líneas de fabricación con gran capacidad de producción.

2.3.2 Mantenimiento Preventivo.

Definición.

El Mantenimiento Preventivo, es aquel *“Mantenimiento ejecutado a intervalos predeterminados o de acuerdo con unos criterios prescritos, y destinado a reducir la probabilidad de fallo o la degradación de funcionamiento de un elemento”*. En este Mantenimiento se distinguen dos tipos:

a) Mantenimiento Programado, es aquel *“Mantenimiento Preventivo ejecutado de acuerdo a un programa de tiempo establecido, o a un número de unidades de uno definido”*.

b) Mantenimiento Sistemático, es aquel *“Mantenimiento Preventivo ejecutado de acuerdo a unos intervalos de tiempo establecidos, o a un número de unidades de uno, pero sin investigación previa de la condición del elemento”*.

Ventajas e Inconvenientes.

- Ventajas:
 - ✓ Si se hace correctamente, exige un conocimiento de las máquinas y un tratamiento de los históricos que ayudará en gran medida a controlar la maquinaria e instalaciones.
 - ✓ El cuidado periódico conlleva un estudio óptimo de conservación con el que es indispensable una aplicación eficaz para contribuir a un correcto sistema de calidad y mejora continua.
 - ✓ Reducción del Correctivo representará una reducción de costes de producción y un aumento de la disponibilidad. Esto posibilita una planificación de los trabajos del departamento de Mantenimiento, así como una previsión de los recambios o medios necesarios.
 - ✓ Se concreta de mutuo acuerdo el mejor momento para realizar las paradas de las instalaciones con Producción.
 - ✓ Mediante exámenes periódicos o recambios que se efectúan rutinariamente se prolonga la vida útil de los equipos.



- Desventajas:
 - ✘ Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra.
 - ✘ No se elimina por completo la posibilidad de una avería imprevista durante el intervalo comprendido entre dos inspecciones consecutivas.
 - ✘ Depende estrechamente del período de inspección. Un período demasiado largo conlleva el peligro de la aparición de fallos entre dos inspecciones consecutivas. Y un período demasiado corto puede encarecer el proceso. Se debe encontrar el equilibrio perfecto.
 - ✘ Los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo producen falta de motivación en el personal, por lo que se deberán crear sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y compromiso, la implicación de los operarios de Preventivo es indispensable para el éxito del plan.

Para concluir este tipo de Mantenimiento, se da gran importancia a que se realice correctamente, si no se hace un correcto análisis del nivel de Mantenimiento Preventivo, se puede sobrecargar el coste de Mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad. Y esto conlleva a ver como gran inconveniente, el coste de inspecciones del desmontaje y revisión de una máquina que está funcionando correctamente.

No obstante, se requiere seguir unas medidas de suma importancia que son:

- Conocimiento de las máquinas.
- Planificación atendiendo con sumo cuidado al período de inspección. Es muy importante encontrar el equilibrio perfecto; como ayuda se pueden tomar los históricos. Si no se tuviesen, sería necesario preguntar a los operarios con experiencia en esa máquina, recopilar todos estos datos y con la información del fabricante poder realizar la periodicidad.
- Es necesario que el personal tenga motivación para llevar a cabo los trabajos rutinarios, como se comento anteriormente. Se puede mejorar con planes participativos ya que en sus manos está el correcto funcionamiento del Plan de Mantenimiento Preventivo.

Aplicación.

El campo de aplicación adecuado del Mantenimiento Preventivo será aquél en el que se requieran determinadas tareas para evitar los entorpecimientos de las averías inspiradas, con ello se podría perjudicar el Plan de Producción al no conseguir la disponibilidad de las máquinas y/o instalaciones. Por lo tanto, mediante este tipo de Mantenimiento se trata de evitar los efectos de causas conocidas de averías, según datos entregados por los fabricantes, que establecen tipos de parámetros observables, como son: Desplazamiento de un tensor, Radio de curvatura lateral de un tramo de cadena, consumo eléctrico de un motor, vibración

en un rodamiento, etc. Con estos parámetros se detectaría una eminente avería de la máquina.

2.3.3 Mantenimiento Predictivo.

Definición.

El Mantenimiento Preventivo basado en la condición o Mantenimiento Predictivo se define como aquel *“Mantenimiento basado en la condición ejecutado siguiendo una previsión consecuencia del análisis y evaluación de los parámetros significativos de la degradación del elemento”*.

Ventajas e Inconvenientes.

- Ventajas:
 - ✓ La intervención en el equipo o cambio de un elemento.
 - ✓ Obliga a dominar el proceso y a tener unos datos técnicos, que nos compromete con un método científico de trabajo riguroso y objetivo.
 - ✓ Se evitan desarmes innecesarios y se conoce el estado de la máquina.
- Desventajas:
 - ✗ Se debe destinar personal que sea capaz de interpretar los datos que generan los equipos y tomar conclusiones en base a ellos, trabajo que requiere un conocimiento técnico elevado de la aplicación.
 - ✗ La implantación de un sistema de este tipo requiere una inversión inicial importante. Los equipos y los analizadores de vibraciones tienen un coste elevado. De la misma manera se debe destinar personal a realizar la lectura periódica de datos o contar con un sistema de captación y evaluación automático.

Aplicación.

Su campo de aplicación será el correcto cuando la implantación de este sistema justifique los paros inoportunos de las máquinas y/o instalaciones que ocasionan grandes pérdidas. En el Mantenimiento Predictivo se establecen parámetros a seguir, en su evolución a través del tiempo, que sean significativos en el funcionamiento del equipo a controlar, y sistemáticamente se realizan mediciones sin detener el funcionamiento del equipo. Estas mediciones son analizadas detenidamente para poder establecer si se pueden producir fallos en el funcionamiento y cuáles son las posibles causas. Los datos revelados se representan mediante gráficos, formándose de esta forma un registro histórico del funcionamiento del equipo, que es analizado con posterioridad a cada ronda de controles.



2.4 Inercias del Mantenimiento.

Para la explicación de las inercias del Mantenimiento se toma como ejemplo el caso real de una empresa del sector. Se analiza la tendencia de la evolución del Mantenimiento en esta empresa, dividiéndola en cuatro periodos significativos, y en cada uno de ellos se estudian: el rendimiento, los costes y beneficios.

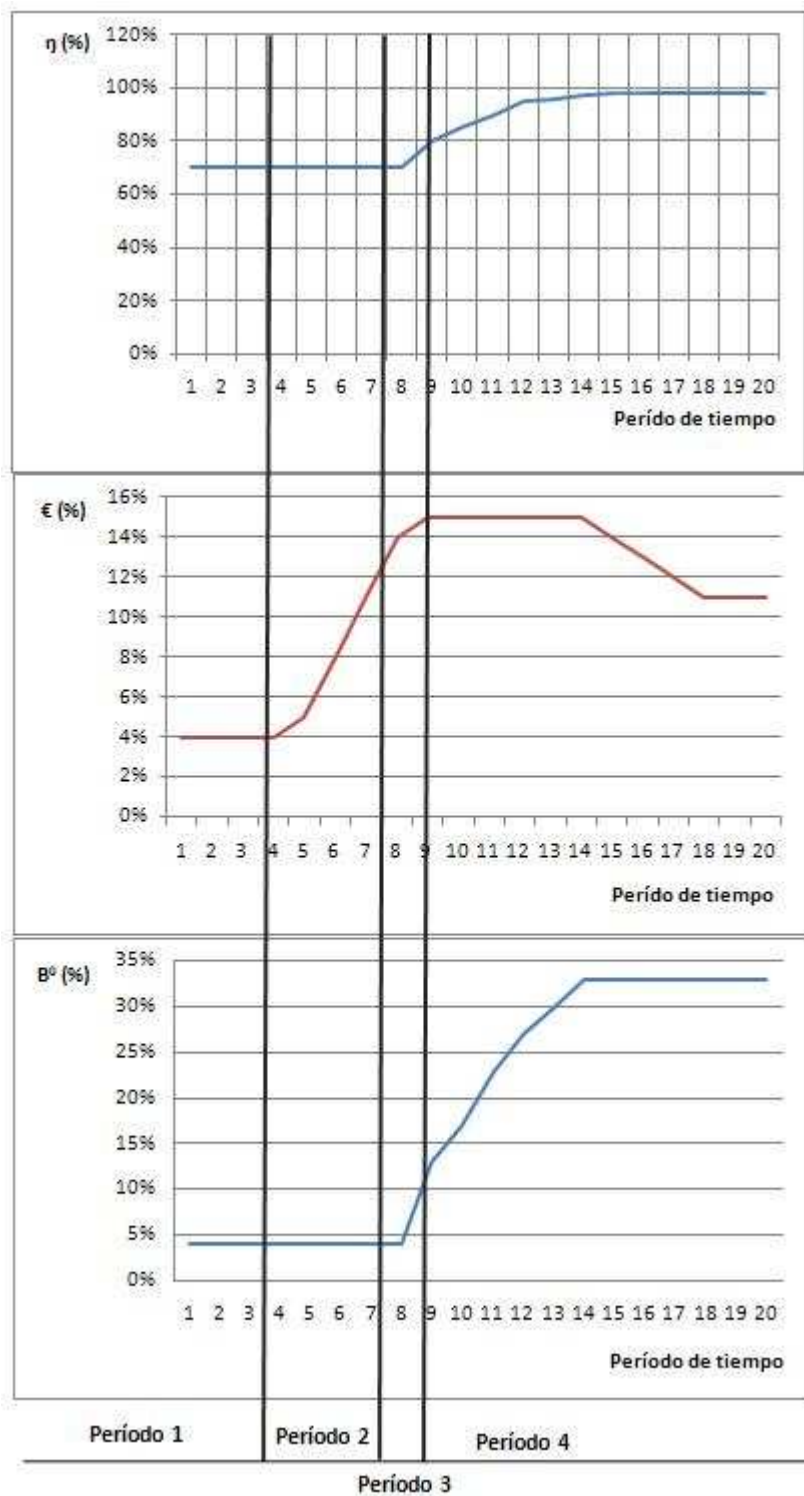
En el primer periodo el Mantenimiento que se utilizó estuvo siempre basado en Correctivo, lo que supuso un índice de rendimiento bajo y constante, bajos costes de fabricación y fue lo que produjo una fabricación deficiente.

En el segundo periodo se tenía un Plan de Mantenimiento Preventivo y Predictivo, lo que produjo un aumento de los costes y una fabricación deficitaria.

Para poder llegar a la obtención de una fabricación óptima, fue necesario tener un periodo de constitución de equipos, para poder estar al día con los activos existentes y sus históricos. Así se pudo implantar las mejoras necesarias. Por lo tanto, durante en el tercer periodo el Plan de Mantenimiento, la empresa empezó a dar sus frutos, ya que se obtuvo un alto rendimiento. Sin embargo, como contrapartida se seguía teniendo costes altos. Pero aun así se fabricaba de una manera rentable.

En el último periodo, se consiguió una consolidación entre rendimiento y costes, ya que se obtuvo un alto rendimiento y bajos costes. El beneficio en este periodo fluctuaba pero siempre entre límites asintóticos, por lo tanto, la fabricación era más rentable por la reducción de costes.

Para valorar este caso, se han representado en la *Gráfica 1*, los datos en tres gráficos que representan el rendimiento, los costes y el beneficio. Se observan que la tendencia del Mantenimiento en este tipo de empresas es predominantemente integral y casi nada derivativo ya que se corrige el error cuando hay una desviación notable en el punto de consigna. A diferencia de lo que ocurre en el derivativo que intenta corregir simultáneamente el error y mantenerlo en unos límites prefijados. Tanto para ser implantado el Mantenimiento, como para ser destruido, hay que ser cauto en cada fase y no disminuir en las tres variables significativas que poseía en su situación inicial.



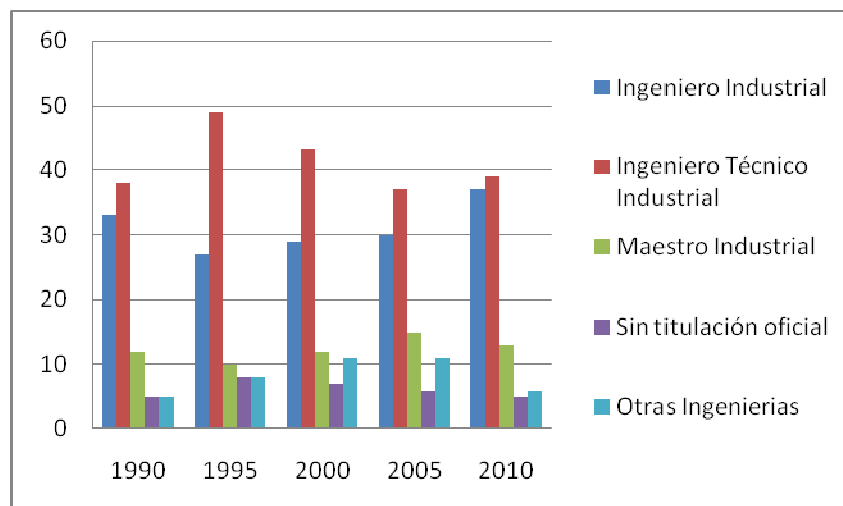
Gráfica 1. Evolución del rendimiento (η), coste (ϵ) y beneficio (B^0) del Mantenimiento.

2.5 Organización del Mantenimiento.

Algunos de conceptos que se van a analizar para estudiar **la organización del Mantenimiento** en el sector son las dependencias jerárquicas, las funciones de los empleados, las plantillas, la tecnificación, los turnos... Para ello se deben cuidar:

- La organización de la empresa: Lo ideal sería que dicha organización fuese propia y definida, pero se observa que pocas empresas logran este objetivo.
- El organigrama del responsable de Mantenimiento: se debe mejorar los aspectos técnicos, de previsión y organizativos. El problema en este caso es el conflicto de cuantificar el Mantenimiento como un gasto o como un beneficio.
- La plantilla del personal de Mantenimiento: se deduce que la media de empleados de Mantenimiento en las empresas es de unos 21.
- Colaboración entre el personal de la empresa: un 36% del personal de producción no colabora con el del Mantenimiento. En el futuro inmediato se estima que esta colaboración aumente un 38%.

Para la **dirección el Mantenimiento** es necesario saber algunas características de la persona que va a estar al frente del Mantenimiento en la empresa como su formación académica y las circunstancias complementarias a la profesionalidad. Por lo tanto la tendencia del sector es hacia la contratación de un Ingeniero Técnico Industrial, como se muestra en la *Gráfica 2*.



Gráfica 2. Formación académica del Jefe de Mantenimiento.

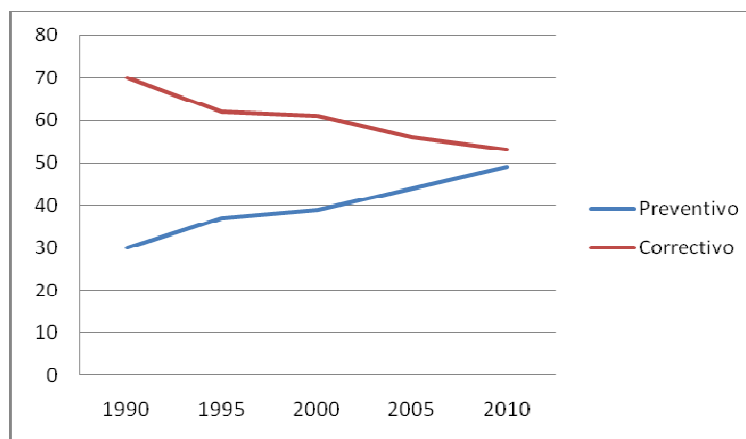
Debido a la falta de esa titulación específica las empresas se decantan por formar a su futuro Director y/o Jefe de Mantenimiento exigiéndoles una larga y duradera experiencia práctica para que tengan un conocimiento directo de las características de su trabajo.

La encuesta realizada por la AEM en el año 2010, revela que el 88% de los Directores y/o Jefes de Mantenimiento tienen una formación académica industrial, una antigüedad en el cargo de 9 años y una edad media de 42 años. También revela que la mayoría de los responsables de Mantenimiento creen que deberían dedicarse a planificar, programar y organizar, y no a lo que se dedican actualmente que es actuar, decidir y resolver. Otros de los problemas con los que se encuentra la Dirección del Mantenimiento son la falta de recursos y la falta de operarios cualificados.

La encuesta revela que el 92% de las empresas utilizan la Orden de trabajo (OT) de forma primordial para el control de los trabajos de Mantenimiento. Estos estudios se consideran básicos ya que incorporan tanto los datos necesarios que alimentan el sistema organizativo de Mantenimiento, como los datos básicos del trabajo tales como la justificación de la jornada de trabajo, los costes de las intervenciones, el historial de los equipos, máquinas que las ha generado, etc.

Finalmente, otra cuestión planteada es cómo se establecen y distribuyen los costes de los trabajos Preventivos y Correctivos. En la *Gráfica 3* se observa que están en una relación promedio de 47% y 53% respectivamente. Si el Mantenimiento Correctivo es elevado en esta relación, la consecuencia es la de unos costes totales de Mantenimiento –suma de costes directos e indirectos- más elevados. Por lo tanto, el Mantenimiento Preventivo será insuficiente y constituirá un aspecto de suma importancia a mejorar. En ese caso, la dedicación del Jefe de Mantenimiento se destinará a trabajos inmediatos que le alejan de las funciones de gestión que le son propias e indispensables para la consecución de óptimos resultados técnico-económicos.

El objetivo de cero fallos es utópico, pero incrementar el Mantenimiento Preventivo es una cuestión de métodos, tiempo y recursos. El valor óptimo de la relación Preventivo/Correctivo tiene límites diversos en cada sector y centro de trabajo. Sin embargo se considera que la actual relación, como promedio es baja.



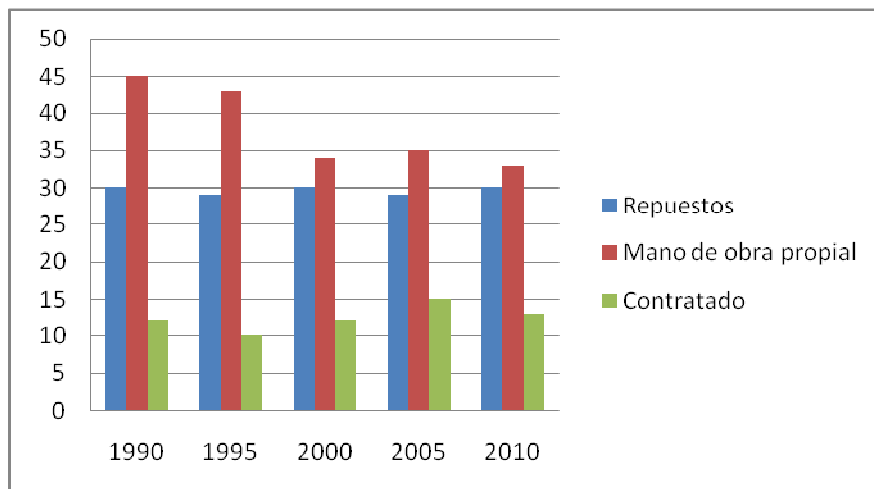
Gráfica 3. Distribución del coste (%) frente a la evolución de cada año, del Mantenimiento Correctivo y Preventivo.

2.6 Mantenimiento como coste o como beneficio.

La evaluación de los resultados obtenidos a consecuencia de la implantación del sistema de gestión de Mantenimiento, se realiza a través de los índices de Valoración de eficacia, como pueden ser **KPI (Key Performance Indicators)**. Se trata de indicadores técnicos, cuyo detalle de uso se describirá en el siguiente capítulo.

Considerando datos genéricos proporcionados en la encuesta realizada por AEM, el coste anual de Mantenimiento del centro de trabajo asciende aproximadamente, a unos 1,7 millones de euros en el contexto global de la misma. Lógicamente, el coste está en relación directa con el tamaño del centro de trabajo. Para analizar la distribución habitual de dicho coste se ha incluido la *Gráfica 4* a modo de ejemplo. En particular para el año 2010.

- Repuestos y materiales de compras y almacén obtiene un 30% del gasto.
- Trabajos y mano de obra contratados un 40%.
- Personal propio en plantilla 34%.



Gráfica 4. Distribución del coste de Mantenimiento.

Los métodos tradicionales de cálculo de costes permiten medir con bastante facilidad los costes directos de Mantenimiento, que no equivale a dejar de ganar por falta de eficacia de los equipos. No basta medir los costes basándose en los ciclos de vida de un bien de equipo, hay que tener en cuenta los costes de producción y la rentabilidad. Es indispensable definir un método que integre un cálculo del coste a nivel de toda la empresa. Ninguna solución aislada dentro de un único departamento constituirá, ni siquiera aproximadamente, una respuesta satisfactoria.

El objetivo del Mantenimiento es preservar a la empresa del fallo de sus equipos y de sus consecuencias sobre la producción. Tiene, asimismo, una función productiva, que consiste en contribuir a la eficacia económica de la empresa. Como ejemplo, basta indicar que el 5 al 7 por 100 de la cifra de negocios de una empresa o el 8 por 100 del activo industrial invertido no son



cifras despreciables, implicadas en los costes de Mantenimiento. Desde el término de costes, se pueden distinguir gastos correspondientes a diferentes partidas:

- A los costes directos.
- A los costes de no Mantenimiento debidos a la no disponibilidad de los equipos.
- Al coste del ciclo de vida.
- A otros.

Los beneficios que se espera obtener en la implantación de sistema de gestión está situados en unos niveles de eficiencia entorno al 80%. Se pueden desglosar de la forma siguiente:

1. Esfuerzo anual en Mantenimiento, reducido en un 31% debido a la optimización de los recursos humanos.
2. Uso anual de materiales de recambios reducido en un 21%.
3. Reducción de inventarios en almacén de recambios en un 20%.
4. Aumento de la eficiencia de las instalaciones en un 2%.

Algunas de las tácticas que contribuyen a mejorar la relación beneficio / coste al implantar los sistemas de gestión de Mantenimiento, pueden ser:

- Estabilizar el período entre fallos, lo que aumenta el porcentaje de Mantenimiento planificado.
- Reducir los fallos inesperados.
- Tener constancia de todos los cambios que se produzcan en las instalaciones, lo que genera un calendario de Mantenimiento basado en datos reales.
- Involucrar a los operarios no cualificados en el Mantenimiento y colaborar con ellos
- Realizar pequeñas mejoras que aumenten la vida de las instalaciones etc.
- Dirigir la gestión hacia la búsqueda de los cero defectos, cero pérdidas.
- Etc.



CAPITULO 3.-

MANTENIMIENTO EN LÍNEAS DE PRODUCCIÓN.

En este capítulo se va a tratar el Mantenimiento en Líneas de Producción continuas. En él se explica en qué consiste, qué herramientas se usan habitualmente y fundamentalmente la metodología para la creación y mejora de la Planificación Semanal de Mantenimiento. Para concluir este capítulo se abordarán un conjunto de ejemplos para cada tipo de Mantenimiento (Correctivo, Preventivo y Predictivo). El objetivo es anticipar las tareas que se van a programar en capítulos posteriores en el autómata caso de estudio de este proyecto.

3.1 Introducción.

En este apartado se va a tratar el Mantenimiento en las Líneas de Producción. Se define como: *“el conjunto de disposiciones técnicas, medios y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas, instalaciones y organización de una línea de producción pueden desarrollar el trabajo que tienen previsto en un determinado Plan de Producción en constante evolución”*.

Para entender este contexto se incluye la *Figura 6*, que detalla el organigrama clásico que constituye la gestión de la empresa. Está integrado por diferentes partes: Productiva, Financiera y Comercial.

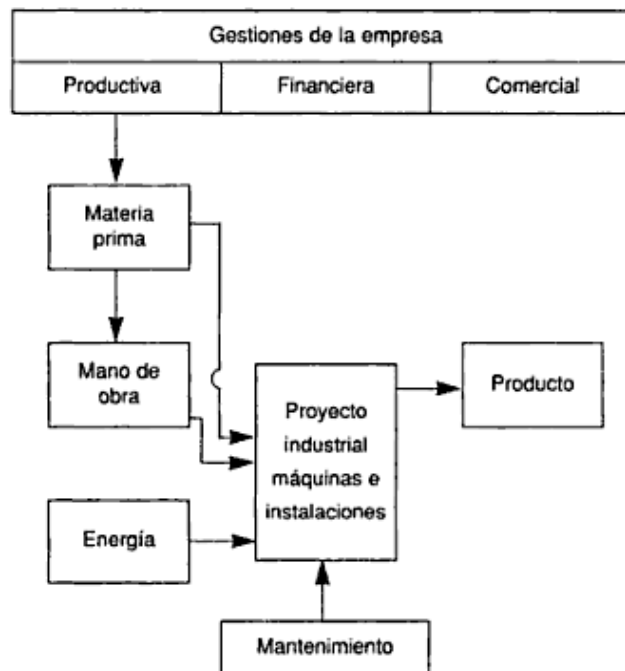


Figura 6. Organigrama clásico de gestión de la empresa.

El centro productivo, está formado por: Materias Primas, Gestión de Mano de Obra, Energía y Mantenimiento, ya que no es un departamento en sí, si no que forma parte de la sistemática diaria de la gestión orientada a la producción. Su objetivo es producir para lograr el mejor aprovechamiento del recurso humano y la capacidad instalada, ayudándose a su vez de herramientas, como son los indicadores.

En una gestión orientada a la producción, es usual encontrarse con un ciclo de situaciones y decisiones como el que se resume a continuación:

- Se planifica y programa la carga de trabajo en función de los recursos humanos disponibles. Se genera una demanda para saturar la capacidad.
- Cada departamento asume la responsabilidad de sus funciones. En última instancia, la responsabilidad recae en el personal de Mantenimiento.



- Se busca lo simple y tangible, ante la toma de decisiones del responsable de taller. Por tanto, se asigna trabajo al recurso humano, siendo éste el que condiciona la estructura del proceso productivo final.
- Se genera más trabajo Correctivo no planificado y más variabilidad. La planificación se convierte en una continua replanificación.

Finalmente, y como punto importante a destacar, se evaluará el Mantenimiento dentro del proceso. Como se ha comentado anteriormente, las herramientas para llevar a cabo dicha tarea son los indicadores, que se utilizan para la mejora de la productividad observando las diferentes variaciones de ésta. En siguientes apartados se detallarán el empleo de los mismos.

3.2 Normativa para el diseño de Líneas de Producción.

Existe un grupo de normas que sirven para establecer el diseño de Líneas de Producción. Garantizan la operatividad y, asimismo, facilitan el trabajo, la distribución de tareas y la correcta consecución de productos. También garantizan la separación de las materias primas, los productos intermedios, finales y desperdicios, evitando así cualquier cruce entre ellos en el proceso productivo. La Normativa de la Industria Alimentaria establece dichas normas. Las más destacadas son las normas de Derecho Alimentario, normas de Control de los productos alimenticios y normas de higiene en los productos alimenticios. El control oficial que realiza la industria alimentaria es responsable de la inocuidad de los alimentos. Para ello existe la legislación pertinente que se expone a grandes rasgos a continuación, ya que es necesario garantizar la máxima seguridad posible de los alimentos, desde la producción primaria hasta que llegan al consumidor final.

Para garantizar la seguridad de los alimentos, la producción debe estar basada en los principios del sistema de **Análisis de Peligro y Puntos de Control Crítico** (APPCC). Dicho sistema fue aplicado por la NASA en los años 60, para garantizar la salubridad de los alimentos consumidos por los astronautas y ha permanecido hasta nuestros días. El sistema de APPCC se basa en cinco principios:

- Señalar los riesgos en todas las fases de la producción.
- Determinar los puntos de control para minimizar los riesgos.
- Establecer límites críticos para garantizar el correcto análisis de la producción.
- Establecer un seguimiento de control mediante ensayos.
- Establecer medidas correctivas en el caso de encontrar irregularidades.

Actualmente, este sistema es de aplicación obligatoria. Garantiza la calidad higiénico-sanitaria según la Directiva 93/43/CE. A continuación se detalla la relación de Normativa de aplicación:



TEXTO LEGAL	OBJETIVO
Normas de ambito general	
ISO 9000	Sistemas de gestión de la Calidad- Fundamentos y vocabulario.
ISO 9001	Sistemas de gestión de la Calidad- Requisitos.
ISO 19011	Directrices sobre la Auditoría de Sistemas de Gestión de la Calidad y Ambientales.
Normas de Derecho Alimentario.	
Directiva 2000/13/CEE	Norma general de Etiquetado, Presentación y Publicidad de los productos alimentarios.
Directiva 88/316/CEE y Directiva 89/676/CEE	Regulación de cantidades nominales y de capacidades nominales.
RD 1712/1991	Real Decreto sobre Registro General Sanitario de Alimentos.
Normas de Control de los productos alimenticios	
Directiva 89/397/CEE	Control oficial de los productos alimenticios
Directiva 93/99/CEE	Medidas adicionales relativas al control oficial de los productos alimenticios
Directiva 85/591/CEE	Modos de toma de muestras y métodos de análisis comunitarios para el control de productos alimenticios.
Normas de higiene en los productos alimenticios.	
Directiva 93/43/CEE	Higiene de los productos alimenticios.

Tabla 1. Normativa básica para el sector alimentario.

3.3 Definiciones fundamentales.

A continuación se explican brevemente, la terminología que se usa en la construcción de planes de Mantenimiento de Líneas de Producción.

- **Activo.** Se define como, “Un elemento considerado formalmente contable”, en la Norma 13306:2001.



- **Equipo.** Se define como, elemento consumible: “Elemento o material que no es propiamente un elemento, y que se destina a una utilización única”, en la Norma 13306:2001.
- **Gama.** Se define como, “el conjunto de Normas”. Es la descripción, paso a paso, de las acciones preventivas requeridas. Muestra la forma de realizarla de forma cronológica, las herramientas necesarias y específicas, los valores de referencia, las consignas de seguridad, etc. El detalle de su contenido es adaptado a la cualificación profesional del personal que realiza las acciones, pudiendo llevar esquemas, textos, fotos, etc.
- **Situación o estado de referencia.** Se define como el contexto en el que se encuentra un equipo de producción después de una revisión de su buen funcionamiento, siendo éste correcto con relación al dossier técnico del equipo. Es el estado en que el equipo puede proporcionar su mayor rendimiento de acuerdo a su diseño y a su situación actual. Así pues, asegurar el Mantenimiento del estado de referencia consiste en vigilar:
 - ✓ Tiempos ciclo.
 - ✓ Parámetros de reglajes y funcionamiento.
 - ✓ Parámetros de engrase.
 - ✓ Parámetros eléctricos.
 - ✓ Parámetros mecánicos (aprietes-vibraciones, etc.).
 - ✓ Parámetros hidráulicos (niveles-presiones, etc.).
 - ✓ Otros.

En caso de desviación sobre la situación de referencia, las consignas deben precisar, o la intervención que debe efectuar el operario, o la forma en que debe circular la información para corregir la desviación.

3.4 Indicadores del estado de la Línea de Producción.

Los indicadores permiten evaluar objetivamente la situación en la que se encuentra la planta, y sirven como herramienta para la toma de decisiones. Su objetivo básico es poder evaluar la búsqueda de nuevas estrategias de mejora en el estado de la Líneas de Producción. Su utilización se justifica gracias a las funciones que se pueden realizar con esta herramienta:

- Interpretar lo que está ocurriendo.
- Cuando las variables se salen de los límites establecidos, analizar las causas y adoptar las medidas correctoras oportunas.



- Definir la necesidad de introducir cambios o mejoras, evaluando sus consecuencias. Los análisis no son siempre concluyentes. Definir nuevas referencias ayuda a justificar las acciones a tomar.

Como se suele decir: ***“Los Indicadores son necesarios para mejorar. Lo que no se mide no se puede controlar y lo que no se controla, no se puede gestionar”.***

Por lo tanto un indicador tiene la función concreta de gestionar y tomar decisiones en función de los resultados obtenidos. Sin embargo, no conocer el proceso completo puede tener consecuencias negativas. Diseñar un indicador erróneo puede provocar la falta de medida de un parámetro clave para el proceso, o su interpretación errónea.

Concretamente en Mantenimiento, el CEN (*Comité Europeo de Normalización*) puso en marcha diversos grupos de trabajo a nivel internacional para diseñar y definir, en conjunto, indicadores que permitieran medir el funcionamiento del Mantenimiento. El resultado fue la publicación en Septiembre del 2008 de la Norma prEN 15341, un estándar global que refleja una selección de indicadores para la medida del funcionamiento del Mantenimiento, así como sus definiciones.

Los indicadores que se definan deben cumplir, las diez reglas de oro siguientes:

1. *Los resultados deben aportar información útil al conjunto de la organización. Los indicadores escogidos no están aislados. Deben estar alineados con los objetivos estratégicos definidos.*
2. *Deben ser representativos y fáciles de obtener. Unos indicadores fáciles de obtener cercanos y claros, serán de gran utilidad.*
3. *Deben tener en cuenta al cliente interno. La actividad de Mantenimiento tiene como destinatario en organizaciones extensas, a los departamentos de Operación, Explotación y/o Producción. Las “inquietudes” de dichos departamentos serán de gran ayuda para definirlos.*
4. *Medir tiempos de ciclos y procesos. Tener acotados los tiempos en los que se desarrolla, permitirá orientar nuestros esfuerzos eficientemente.*
5. *Analizar indicadores de la competencia. Nada mejor que compararnos para saber lo que se está haciendo bien o mal. (Benchmarking).*
6. *Implantar una cultura de medición. Ante cualquier petición es bueno reflexionar por qué se produce, analizando la información que mejor nos puede ayudar a sintetizar las acciones más adecuadas.*
7. *Usar únicamente los indicadores que interesen. Un selecto grupo de indicadores, mejor que una multitud. Pocos y eficaces.*
8. *Involucrar a los equipos en la definición de los indicadores. Al involucrar, se está “responsabilizando” a quien participa como algo propio.*

9. *Analizar la eficacia de cada indicador. Un indicador que no ayude a la toma de decisiones y que sólo sirva para perder tiempo.*
10. *Eliminar o modificar los indicadores que lo requieran. Todo indicador tiene un tiempo de vida.*

En el caso concreto de la planta de galletas, se encuentra implantado el sistema de indicadores tipo KPI (*Key Performance Indicators*). El detalle genérico de los mismos se representa en la *Figura 7*. En ella se refleja su evolución de forma que cada piso del gráfico sólo se debe abordar si se tiene bien implantado y asentado el indicador del piso inferior.

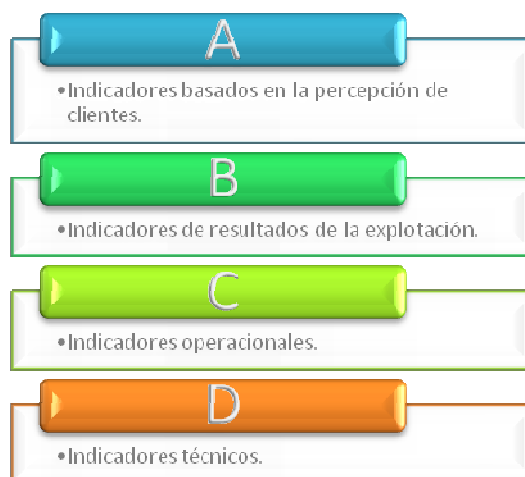


Figura 7. Desarrollo de los indicadores para la fábrica galletera *Cuétara, Nutrexpa*.

La evolución en el desarrollo de los indicadores es función del nivel de Gestión de Mantenimiento en la que se encuentra cada empresa. En la planta de galletas se tratan los indicadores tipo D, ya que son imprescindibles y dan una idea del dominio básico que se tiene en la planta. La implantación de los mismos requiere de una formación obligatoria del personal (herramienta proporcionada por la empresa), que debe tener conocimientos suficientes para actuar adecuadamente. Además es necesaria la implicación de todo el personal que forma la organización de Mantenimiento para que funcione correctamente y permita mejoras continuas. Los indicadores Tipo D, Indicadores Técnicos, se focalizan en los resultados, y evalúan la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.

Las magnitudes que, en concreto, se miden en la fábrica galletera, a modo de indicadores son:

- **TBFM, Tiempo Medio de Buen Funcionamiento**

Determina el tiempo medio entre una parada de la máquina por avería y la siguiente parada. Se utiliza para el cálculo de la fiabilidad de la máquina.

Para medir este indicador es necesaria una clara definición de las clases de trabajo, de la consignación de la hora de parada de la máquina y de la hora de su puesta en marcha. Este

tiempo es independiente del tiempo empleado por la persona que corrige la avería. Los datos utilizados para su cálculo y su expresión matemática se recogen en la ecuación (1),

$$TBFM = \frac{\text{Horas máquina}}{N^{\circ} OTs + 1} \quad (1)$$

donde las *Horas máquina*, corresponden a las horas declaradas por producción (recogen todas las incidencias durante la producción) y el *N° OTs*, se refiere al número de Órdenes de Trabajo que se aplican a esa máquina en concreto. Se suma 1 unidad en el denominador para que el tiempo máximo sea equivalente al de las *Horas máquina*, en el caso de no existir *N° OTs*.

- **TMMR, Tiempo Medio de Reparación de la Máquina**

Este indicador determina la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo. Mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación cuando se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado.

Para el cálculo de este indicador es necesaria la utilización correcta de las OTs (Órdenes de Trabajo) y su cumplimiento. Se utiliza como punto de partida para la evaluación de la disponibilidad de una línea. La expresión que la define aparece en la ecuación (2),

$$TMMR = \frac{Tmp}{N^{\circ} OTs + 1} \quad (2)$$

donde *Tmp*, es el tiempo total desde que se para la máquina hasta que ésta se repara y se vuelve a poner en marcha. Por tanto, este tiempo contempla, de forma total, la disponibilidad de personas y materiales de Mantenimiento conjuntamente con el tiempo efectivo de reparación.

- **Disponibilidad Media de la Línea**

La disponibilidad es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. A través del estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad, el *TBFM* y el *TMMR*, según la ecuación (3),

$$\text{Disponibilidad media} = \frac{TBFM}{(TBFM + TMMR) \times 100} \quad (3)$$

No se debe olvidar nunca que los indicadores sirven realmente a la empresa si con ellos se consiguen mejoras reales y tangibles, y, para ello, deben aprovecharse las herramientas de acción que puedan actuarse en planos totalmente operativos. A cada indicador se debe asociar las posibles herramientas correctoras y claves, tal como se intenta simbolizar en la *Figura 8*.



Figura 8. Importancia de los indicadores en la empresa.

3.5 Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo en Líneas de Producción.

En este apartado, se dan las pautas para construir un Plan de Mantenimiento Preventivo en la fábrica de Cuétara. Para ello es necesario conocer la finalidad y factores del Plan para determinar los aspectos a tratar y el alcance necesario. Posteriormente se especifica los medios que se disponen, cuya base es la organización del Mantenimiento Preventivo planificado. Para finalizar este apartado se detallan las fases a seguir para la creación del Plan y llegar a la obtención de un Mantenimiento organizado y planificado. Y finalmente conseguir agrupar toda esta información para un único equipo e implementarlo en un soporte informático para trasladar el planning a un contexto dinámico y visible desde el puesto de trabajo.

3.5.1 Objetivos y factores del Plan de Mantenimiento Preventivo.

En el contexto de una planta de proceso continuo, o de Líneas de Producción, el objetivo del Mantenimiento Preventivo Industrial es lograr, con el mínimo coste, el mayor tiempo en servicio de las instalaciones y maquinaria productivas, con el fin de conseguir la máxima seguridad de funcionamiento. Sin embargo, el objetivo así definido no queda medido ni expresado en cifras. Por lo tanto, a partir de ahora, se intentará caracterizar con factores medibles para poder efectuar un análisis de las acciones cometidas. Dichos factores son:

- Coste: Coste de mano de obra y coste de piezas de recambio e inmovilizados.
- Tiempo de servicio: Disponibilidad-fiabilidad.
- Seguridad de funcionamiento: Mantenibilidad-calidad y prontitud de servicio.

La medida de estos tres factores logra dar una visión de conjunto de las variaciones del Mantenimiento. Aunque, para facilitar aun más el trabajo, es habitual resumir dicho



comportamiento en la variable *índice de productividad*, expresada como I_p . Esta variable representa el rendimiento operacional de una Línea de Producción, y se obtiene a partir de la ecuación (4), que relaciona el volumen de producción real (contando con la calidad y plazo de ejecución) y la capacidad de producción teórica,

$$I_p = \frac{\text{Volumen de producción práctica}}{\text{Capacidad de producción teórica}} \quad (4)$$

La obtención de un índice de productividad, I_p , elevado, es el objetivo principal del Mantenimiento Preventivo. Con ello se conseguirá:

- ✓ Mejorar los plazos de entrega: Disponibilidad.
- ✓ Ganar la flexibilidad y simplificar la planificación del Mantenimiento.
- ✓ Mejorar la gestión de la calidad y de los costes.

Una vez se está en condiciones de medir el Mantenimiento, se puede analizar la tendencia de variación de sus componentes, como se muestra en el siguiente diagrama, representado en la *Tabla 2*:

OBJETIVOS DE MANTENIMIENTO		
COSTES ↓	TIEMPO DE SERVICIO ↑	CALIDAD Y SEGURIDAD DE SERVICIO ↑
FACILITAR EL TRABAJO	SOPESTAR RIESGO DE INVERSIÓN	SUPRIMIR LA CAUSA
MMM Mejora de Métodos de Mantenimiento	GRR Gestión racional de repuestos	MRP Análisis sistemático de fallos
MEJORAR LA UTILIZACIÓN DEL CONJUNTO DE MANO DE OBRA		ANTICIPARSE AL EFECTO
PTM Programación del trabajo de Mantenimiento		SMP Revisión e inspecciones periódicas
MEJORAR LA UTILIZACIÓN DE INDIVIDUO/FORMACIÓN		
CMO Control de la Mano de Obra		

Tabla 2. Diagrama de evolución de los factores de Mantenimiento.

Observando las variaciones de los costes, del tiempo de servicio y la calidad, se deduce del diagrama que:

- a) Si la mano de obra disminuye, también lo hacen los costes, según la variable CMO, y el tiempo en servicio o disponibilidad. En este caso hay que llegar a una solución de compromiso mediante un empleo racional de la mano de obra, integrando el Mantenimiento en la Producción.
- b) Si los repuestos disminuyen también lo hacen los costes, pero se corre el riesgo de que disminuya el tiempo en servicio. Por lo tanto, es necesario llegar a una solución acertada en la Gestión de repuestos, GRR.
- c) Si los fallos disminuyen, los tres componentes que definen el objetivo varían en el sentido de alcanzar este.



En general, si el índice de productividad, Ip , es elevado produce un efecto en los tres factores. El efecto se traduce en la mejora de las disponibilidades económicas y la calidad, así como en la disminución de los plazos de entrega.

3.5.2 Medios para la consecución del Plan de Mantenimiento Preventivo.

Una vez introducidos los objetivos y los factores de medición del Plan de Mantenimiento Preventivo, se describen en este apartado los medios concretos y procedimientos a emplear para lograrla consecución de dichos objetivos.

- Un sistema de Mantenimiento Preventivo y de Mejora con la creación de equipos multidisciplinares que gestionen la mejora de los procesos.
- Una acertada gestión de repuestos.
- Un empleo racional de la mano de obra de Producción y de Mantenimiento, integrando Mantenimiento en la Producción, programando todo tipo de paradas.
- Tecnificando la fabricación y el Mantenimiento, orientándolo hacia la Prevención y Predicción de averías.

Para la correcta puesta en marcha de este tipo de Mantenimiento, es necesario un estudio previo de la estimación de la vida de los diferentes elementos susceptibles de desgastes o que conducen a deterioros de la máquina. El Mantenimiento Preventivo ideal sería aquel que con un conocimiento completo de la vida de todas y cada una de las piezas que sufren desgastes, permitiese confeccionar un programa de intervención Preventiva. De tal manera que, cada pieza sería sustituida por una nueva antes de su desgaste total o rotura y, de esta forma, las averías desaparecerían totalmente. Por desgracia este sistema es irreal, porque es imposible conocer la vida de las piezas de una forma tan precisa. Se puede conocer, en el mejor de los casos, su distribución de probabilidad objetiva, pero en la mayoría de los casos no se puede hacer más que una previsión subjetiva de dicha distribución.

Si se mide la vida de una pieza en horas de funcionamiento, su distribución de probabilidad puede adoptar una de las tres formas características reflejadas en la *Figura 9*, y según cada caso se actuará de la siguiente manera:

- **Caso A:** El recorrido de la variable es muy pequeño, es decir, el fallo o rotura puede darse entre valores muy próximos entre la mayor y menor vida probable.
 - La ventaja que se puede obtener dejando que la pieza sobrepase su menor vida probable es muy pequeña. Interesa, por tanto, asignarle una vida y sustituirla cíclicamente. La forma de calcular esta vida dependerá de que se esté en condiciones de incertidumbre objetiva o subjetiva, ya que en este último caso, el coeficiente de seguridad, será mayor.

- En ocasiones se dispone de información buena del fabricante del equipo en cuanto a duración o vida de los elementos, por lo que es fácil proceder a la sustitución cíclica.
- **Caso B:** El recorrido de las variables debe tenerse en consideración si se compara con la menor vida probable. Es decir, la ventaja que se puede obtener si se sobrepasase es grande, y entonces se pueden presentar dos casos:
 - Que la rotura de la pieza no ocasione daños adicionales. Aquí no se debe establecer un ciclo de sustitución como en C, pero sí un ciclo de revisión.
 - Que la rotura de la pieza ocasione daños adicionales de consideración. En este caso se debe establecer un ciclo de sustitución de la pieza.
- **Caso C:** El recorrido de la variable es tan grande que cualquier previsión de la vida de la pieza resultaría inútil. Es necesario, en este caso, efectuar una vigilancia continuada sobre la actuación de dicha pieza, por medio de revisiones muy frecuentes.

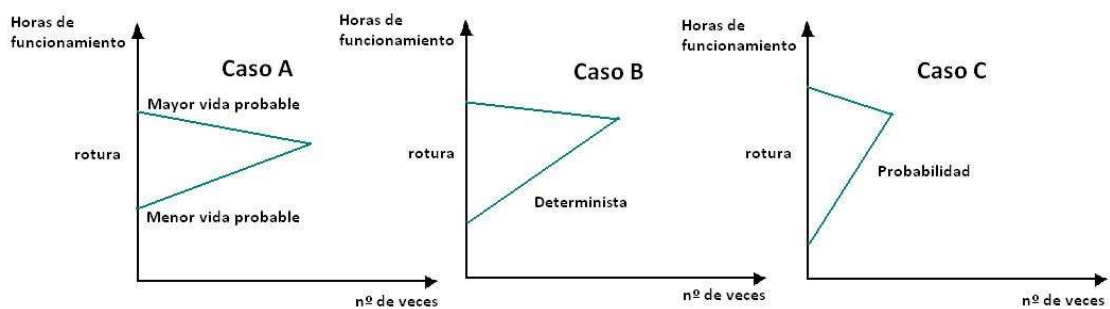


Figura 9. Distribución de probabilidad de la vida de una pieza.

El Mantenimiento Preventivo debe partir de correctas estimaciones de la vida de los componentes y piezas, de tal forma que no se arriesgue a tener una avería catastrófica en plena producción, pero tampoco se cambien piezas en excelente estado de funcionamiento.

Las conclusiones que se derivan del análisis previo indican que el sistema de Mantenimiento Preventivo ha de basarse en:

- ✓ Cambios preventivos de piezas.
 - Cíclicos.
 - Detectados por las revisiones.
- ✓ Revisiones, clasificadas en cuanto al tiempo.
 - A largo plazo.
 - Cíclicas.
 - Rutinarias.



- ✓ Estado de la máquina:
 - Con la maquina en marcha (MM).
 - Con la maquina parada (MP).

El **Mantenimiento Preventivo Sistemático** debe asentarse en una importante y bien organizada logística de apoyo para asegurar los medios y herramientas necesarias en las distintas tareas programadas, por lo que es conveniente una buena planificación del mismo. Por ello es importante disponer de un sistema de recogida de información sobre todas las intervenciones de Mantenimiento para obtener un buen historial de cada máquina. Esta metodología permite seguir con notable precisión el estado de la maquinaria, así como la evolución de los síntomas de fallo, con el fin de:

- a) Conocer con gran precisión el momento en que se va a producir la avería o fallo, a fin de poder evitarla a través de una intervención programada.
- b) Alargar el máximo posible la vida útil de las piezas y conjuntos, a fin de abaratar el coste de Mantenimiento.

Por ello, la tendencia del Mantenimiento Preventivo Sistemático, siendo sus aplicaciones cada día más diversificadas, es extender su metodología hacia el Automantenimiento, es decir, como un **Mantenimiento Preventivo Sistemático Condicional**, integrado en la fabricación. El **Automantenimiento** va a ser un seguro fiable del funcionamiento de los sistemas de Producción, como se explica en el siguiente apartado.

3.5.3 Documento, Plan de Mantenimiento Preventivo, PMP.

La gestión del Mantenimiento desarrollado a través del Mantenimiento Preventivo Sistemático está basada en la elaboración del documento, Plan de Mantenimiento Preventivo (PMP), único para cada equipo o instalación existentes. Dicho documento, se compone de una lista exhaustiva de todas las acciones necesarias a realizar en una máquina o instalación en términos de: Limpieza, control, inspecciones visuales, engrases, intervenciones de profesionales de Mantenimiento, etc., para mantenerla en su estado de origen o de referencia. Permite tener una visión global y concreta de todas las acciones de Preventivo previstas para una instalación determinada. Asimismo, permite desarrollar los enlaces esenciales entre los diferentes órganos o componentes de una máquina que deben cumplir con la misma función técnica, por lo que es un documento que considera a una máquina como un conjunto de funciones que deben cumplir una misión dada y no como un conjunto de componentes, por lo que se planifican acciones de diferentes especialidades con las mismas funciones y con la misma frecuencia.

A continuación se establecen las fases que en las que se implementa el documento de gestión de Mantenimiento que garantiza el alcance técnico del Plan de Ejecución del Mantenimiento. Al tratarse de una parte elemental de la implementación, se ha representado en la *Figura 10* un esquema simplificado de los procesos que intervienen.



- Fase I. Definición:

I.1 Realización del inventario de activos y equipos que intervienen en la producción.

I.2 Codificación de los activos de manera sencilla, intuitiva y clara.

I.3 Mapeado de procesos que permite el análisis visual del flujo productivo.

I.4 Descripción de procesos con el detalle necesario para sacar ciertas conclusiones.

- Fase II. Análisis:

II.1 Recopilación de datos para realizar el conjunto de normas.

II.2 Observación del estado de la máquina y/o instalación. En caso necesario proceder a la reparación o sustitución de la máquina y/o instalación.

- Fase III. Recopilar:

III.1 Agrupar el conjunto de normas por máquina y/o instalación, ordenarlo por especialidad del operario, y plasmarlo en una Gama.

III.2 Planificar el Plan de Ejecución del Mantenimiento, según periodicidad requerida por la máquina y/o instalación. Dependiendo de la prioridad marcada por cambios que se planteen.

- Fase IV. Implantación:

IV.1 Poner en marcha el Plan de Ejecución del Mantenimiento.

IV.2 Desarrollo del plan garantizando la consecución de resultados, evaluándolo mediante los Indicadores y mejora continua.

IV.3 Analizar los resultados obtenidos y tomar las medidas oportunas para alcanzar el objetivo planteado inicialmente.



Figura 10. Resumen de los proceso de desarrollo del PMP.



a) FASE I.- DEFINICIÓN:

Esta fase, se desglosa en cuatro puntos, donde el trabajo en cada uno de ellos es el siguiente:

- En el primer punto se trata de *inventariar* los equipos existentes, ya que es necesario conocer el número de activos y equipos que intervienen en la Producción, con el fin de conocer con exactitud la maquinaria e instalaciones disponibles. El jefe de Mantenimiento, en colaboración con los supervisores y técnicos, se ocuparán de confeccionar este inventario técnico.
- En el segundo punto, es necesaria la *identificación* de cada equipo que exige una numeración o codificación. Por lo general puede determinarse tanto por su numeración correlativa como por la agrupación de equipos idénticos, o por su emplazamiento dentro de las Líneas de Producción. Se deben codificar las unidades de la planta asignándoles la letra y/o número correspondiente, de acuerdo con el sistema de codificación particular que se emplee como formato de identificación y clasificación de equipos dentro de la empresa.
- Con todo ello, en el tercer paso se dejaría todo reflejado en un esquema o *mapeado* del proceso continuo para no perder la referencia de éste.
- En el cuarto punto, se cumplimenta el esquema previo con los datos de mayor interés, que serán datos básicos de maquinaria e instalaciones.

b) FASE II.- ANÁLISIS:

En esta fase se realizan dos pasos importantes del proceso que son: la creación de la Ficha Técnica y la recopilación de todo el Correctivo programado.

1. La creación de la Ficha Técnica para cada activo, con los datos recopilados que incorpore toda la información de forma concisa y clara. Por lo general son: nombre del constructor, vendedor o fabricante; modelo, referencia y número de serie del fabricante; año de adquisición; características básicas: medidas, peso, etc.; emplazamiento más frecuente (línea de producción y centro de gastos); instrucciones del fabricante (*Data-Sheet*); coste de adquisición; coste de Mantenimiento; coste de los equipos complementarios para su buen funcionamiento; datos históricos tomados de la experiencia. En la *Figura 11*, se muestra un ejemplo de Ficha Técnica de una bomba de lavado incorporando los datos anteriormente citados.

Recopilar datos de aplicación general puede servir de base para tomar los de mayor interés. Además, se requiere disponer de la documentación técnica más completa en cuanto a instrucciones de Mantenimiento se refiere, creadas por el propio

fabricante del equipo y por la experiencia a través de normas de revisión o instrucciones de explotación internas sobre el citado equipo.

FICHA TÉCNICA		Nº 253	
ACTIVO	Bomba de lavado	Marca	XX Pompas
EQUIPO	Bomba de lavado Nº1	Modelo	12es2
DENOMINACIÓN DEL ACTIVO		Tipo	Curva-23se
Bomba de lavado Nº1 de utensilios		No Sr.	122-56
		Año	1992
Datos adicionales:			
Emplazamiento	Cuarto de limpieza		
Características	es móvil		
Coste de adquisición	322,00 €		
Coste de Mantenimiento		
Coste adicional		
Instrucciones del fabricante		
Observaciones		

Figura 11. Ejemplo de Ficha Técnica para el documento del Plan de Mantenimiento Preventivo.

Un ejemplo de un buen *dossier* de documentación de una máquina puede ser el siguiente:

- Descripción detallada del equipo.
 - Procedimientos relativos al funcionamiento del equipo.
 - Modo de marcha manual, automático y parada del equipo.
 - Consignas de utilización y seguridad.
 - Esquemas electrónicos, eléctricos, neumáticos, hidráulicos, etc.
2. En el segundo paso de esta fase se realiza un análisis metódico por conjuntos y subconjuntos que consiste en la recopilación de todo el Correctivo Programado, según Órdenes de Trabajo para identificar fallos potenciales y así considerarlo una aplicación de acciones concretas de Mantenimiento Preventivo. Y obviamente, si es necesario, proceder a la reparación o sustitución de la máquina y/o instalación.

c) FASE III.- RECOPIACIÓN:

El grupo de trabajo encargado de desarrollar el PMP, en el primer paso de esta fase, determina la especialidad necesaria para realizar cada acción y tarea descrita en el PMP. Con ello, queda referido el nivel responsable de ejecutar las gamas. En la segunda fase el grupo, se determinan el nivel y la frecuencia de las intervenciones.



Si el Plan de Mantenimiento Preventivo consiste en inspecciones cíclicas y rutinarias de los organismos analizados, y no en un cambio cíclico de éstos, se puede profundizar en cada órgano. En este momento se estaría en condiciones de dividir el Plan General de Mantenimiento Preventivo en los niveles de **Automantenimiento y Mantenimiento Programado**, y elaborar las gamas correspondientes a cada nivel y en cada una de las máquinas que componen una Línea de Producción.

El tiempo de elaboración de las gamas y fichas de un Plan de Mantenimiento Preventivo puede aproximarse a unas 40-50 horas de trabajo del grupo en 5 sesiones de unas 2 horas/sesión. A continuación se cita un ejemplo de los pasos a dar por el grupo de trabajo una vez identificados los órganos o conjuntos sobre los que hay que estudiar las acciones de Mantenimiento Preventivo:

- a) Seleccionar los conjuntos homogéneos de la línea a estudiar sobre las máquinas iguales o similares, por ejemplo: Máquinas iguales o similares nº 1-3-6-7-8-10; elementos de transferencia referencia X; sistemas de lubricación referencia Y.
- b) Estudiar el ciclo de vida de cada conjunto para seleccionar, jerarquizar y determinar tipos de tareas a realizar con ayuda de los históricos y la documentación recopilada en la fase anterior.
- c) Descomponer el conjunto homogéneo en subconjuntos, por ejemplo: Conjunto: cabezal de torneado; subconjuntos: punto fijo-móvil; sistema de avance de mesa, grupo hidráulico, equipo eléctrico, etc.
- d) Para cada subconjunto definir componentes a inspeccionar, por ejemplo: Subconjunto del punto fijo-móvil; componentes: rodamientos, soportes.
- e) Efectuar un análisis para cada subconjunto y de acuerdo a la cadena cinemática de la máquina poner en evidencia lo que es necesario y conveniente inspeccionar. Anotar las acciones de trabajos a realizar para cada componente. Como por ejemplo: Sobre el subconjunto: punto fijo-móvil; componente a inspeccionar: rodamiento de eje; trabajo a realizar: engrase sistemático del rodamiento.
- f) Reagrupar y repartir las acciones en función de los siguientes criterios:
 1. Nivel de intervención: Eléctrico, mecánico, electrónico.
 2. Frecuencia de los trabajos: Semanal, mensual, trimestral, semestral.
 3. Homogeneidad del trabajo.
 4. Tiempos de intervención.
- g) Cuando este así identificada cada acción, se procede a definir las siguientes cuestiones: Valores límite y espacio para valores observados; medios a utilizar: útiles de control, herramientas, etc.; estado de la máquina para realizar el trabajo: en marcha ó parada.

d) FASE IV.- IMPLANTACIÓN:

Una vez implantada la máquina y puesta en marcha, es necesario seguir con los siguientes pasos de esta fase. Lo próximo sería realizar los trabajos por parte de los profesionales, que ejecutan los trabajos descritos en las fichas y en las gamas respetando el Plan de Mantenimiento Preventivo, de manera que permitan mantener el estado de referencia y los estándares de las máquinas.

Reunidos los grupos de desarrollo del PMP, investigarán las causas exactas de cada fallo para mejorar y evitar su repetición. Sobre todo, investigando en el grupo de trabajo, los campos de fallos no cubiertos por el PMP, observando las intervenciones más frecuentes para identificar el Mantenimiento Preventivo mínimo necesario en función del equilibrio entre la evolución de los diferentes indicadores.

La puesta al día y optimización de las fichas y gamas del PMP, reflejando los nuevos estándares y acciones y eliminado lo de poca utilidad; se ha de hacer con una periodicidad anual aproximadamente.

3.5.4 Desarrollo del Automantenimiento.

De acuerdo a lo reseñado anteriormente, el **Automantenimiento**, que se considera como el Mantenimiento Preventivo Sistemático Condicional, consiste de forma simple, en la integración del Mantenimiento único de cada equipo o instalación existente, en un soporte informático. Está basado en el documento de Plan de Mantenimiento Preventivo, PMP, por lo tanto, todo lo citado anteriormente sobre la elaboración de este documento es válido. Ahora este sistema proporciona un agrupamiento de las acciones a realizar.

Este soporte informático de trabajo, consta de una interfaz HMI que proporciona una representación gráfica con la cual el usuario interactúa con la pantalla. En la pantalla se ve el resultado de la aplicación que se ha propuesto en este proyecto, y que se comenta en el próximo capítulo, como solución a los objetivos a cumplir.

3.6 Casos prácticos.

En este apartado, se expone una aplicación común y sencilla de los diferentes Mantenimientos existentes en la fábrica de Cuétara (Correctivo, Preventivo y Predictivo) de una forma más tangible. En cada uno se detalla un problema común que se suele producir y se propone una solución a dicho problema aplicando el tipo de Mantenimiento necesario.

3.6.1 Mantenimiento Correctivo.

Los rodillos de apoyo inferior del horno son las piezas en las que se va a centrar este caso práctico para la ilustración del funcionamiento del Mantenimiento Correctivo. Estos rodillos desempeñan la función de soporte de la cinta transportadora de galletas, como se muestra en la *Figura 12*. La rotura de tres de ellos provoca la desestabilización de la cinta transportadora y su posible rotura.

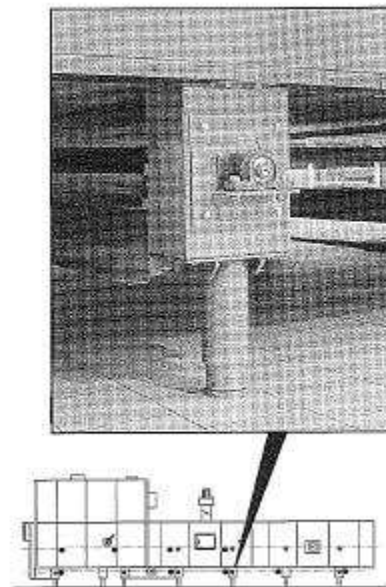


Figura 12. Parte inferior de un horno industrial, detalle de un rodillo y de su rodamiento.

Los operarios observaron un descuelgue inusual de la cinta transportadora, hubo que poner en marcha una OT (Orden de Trabajo), para realizar el Mantenimiento Correctivo oportuno y así sustituir los tres rodillos averiados. En este caso no fue necesaria la parada inmediata del equipo, ya que se realizó la OT oportuna, se constató un fallo puntual y se siguió con la metodología que estaba planificada sin realizar ningún cambio.

La gama planificada estaba preparada para que mensualmente se observara el giro de todos los rodillos y cada siete años los rodillos fueran sustituidos. Así pues se dejó reflejado en esta última gama que la sustitución de estos rodillos fuese pospuesta.

3.6.2 Mantenimiento Preventivo.

En el caso práctico que se presenta para el Mantenimiento Preventivo, la tarea a describir permite eliminar la posibilidad de que ocurra un fallo. Para del horno industrial, la tarea más frecuente que se ha observado y realizado es, la verificación y giro de los rodamientos, ya que es una parte primordial de su funcionamiento. Para realizar correctamente la comprobación de la rotación y el engrase de los rodamientos, es necesario seguir la OT pertinente. Para realizar dichas operaciones la cinta debe estar en marcha. La operación de engrase se realiza mediante el engrasador, relleno con la grasa oportuna, colocada en la boquilla e introduciendo la cantidad indicada en la OT, como se muestra en la *Figura 13*.

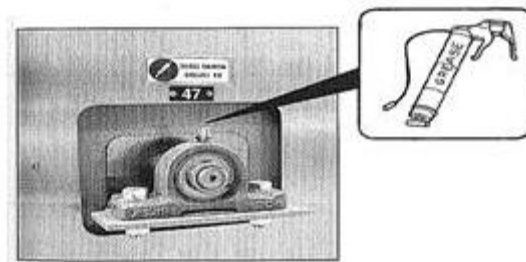


Figura 13. Figura que muestra el engrase del rodamiento.

Para la operación de verificación del giro de los rodamientos, es necesario que primero se sustituyan los que estén dañados o estropeados y a continuación se marquen los que no dispongan de la referencia para verificar el giro. Se marcará el eje del rodillo, para comprobar que la parte interna del rodamiento gira a la vez que el eje, y se marcará también el soporte del rodamiento, para comprobar que el rodamiento queda fijo al soporte, como se muestra en la *Figura 14*.



Figura 14. Figura que muestra el rodamiento con la marca para la verificación de giro.

Si se observa alguna anomalía en el giro, se dejará reflejado en la OT y se hará la reparación oportuna, para permitir llevar a cabo un posterior control Preventivo y hacer un correcto Mantenimiento.

3.6.3 Mantenimiento Predictivo.

En lo concerniente al Mantenimiento Predictivo, actualmente se realizan pocas tareas en la línea de galletas, y debido a su gran importancia se van a comentar dos ejemplos sencillos y primordiales para que no se produzca una avería en el horno.

En lo referente a los rodamientos:

Como se ha explicado anteriormente, los rodamientos y su soporte son partes fundamentales para el movimiento de la cinta transportadora. Este caso práctico se va a centrar en realizar la medición de la temperatura de los rodamientos, siguiendo siempre las instrucciones de la OT. La medición se realiza en mediante un sensor de temperatura que se coloca en la marca, como se muestra en la *Figura 15*.

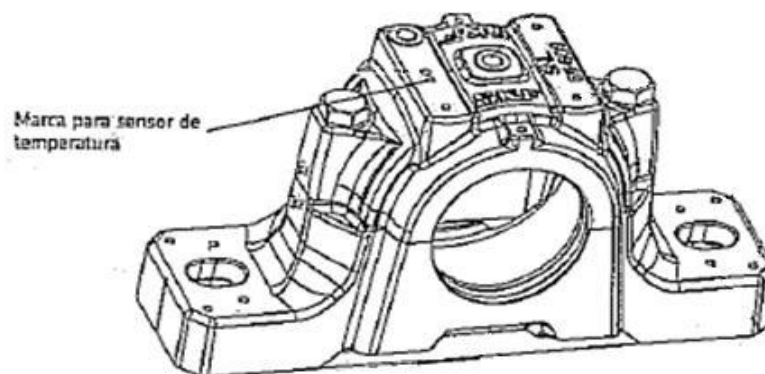
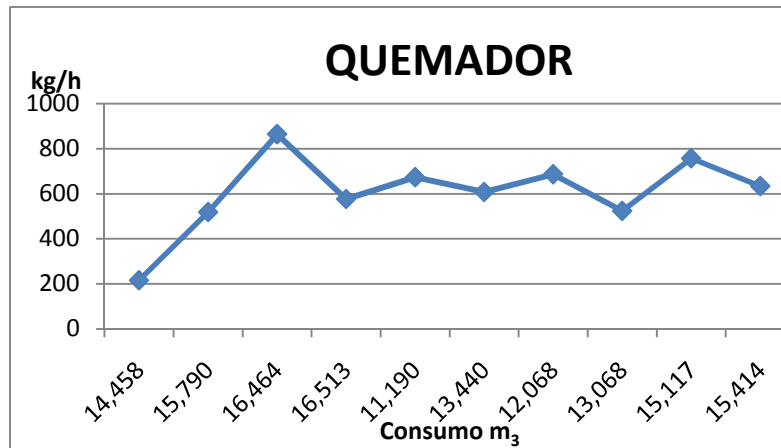


Figura 15. Soporte para la medición de temperatura.

Para observar de una manera sencilla y simple, la evolución de la temperatura de los rodamientos se crea una gráfica con los datos recopilados. Si la gráfica muestra que se ha sobrepasado la temperatura límite, se deja reflejada esta anomalía en la OT y se realizan las modificaciones oportunas. Una de las más comunes es el cambio de grasa, ya que en este equipo es necesaria grasa de alta temperatura.

En lo referente a quemadores:

Para poder predecir si existe alguna anomalía, la tarea que se ha realizado es representar en una gráfica la producción en Kg/h frente al consumo (m_3). De este modo se observa la el funcionamiento del quemador. Como se observa en la *Gráfica 5*, al empezar a introducir producción, en el inicio se crea una cantidad de producción que se llama “manta” proveniente de la laminadora que es un valor típico de masa calculado para poder evaluar el arranque de toda la línea. Al iniciar el funcionamiento del quemador el consumo de gas es exponencial hasta llegar a su valor máximo donde empieza a ser modulada en función de las galletas que se vayan producción que con el transcurso del tiempo si es más o menos variable.



Gráfica 5. Gráfica representativa del modelado del quemador.

3.7 Guía de uso del Plan de Mantenimiento Preventivo.

En este punto se va a explicar el manual que deben seguir los operarios para realizar un correcto Mantenimiento Preventivo. Se muestra como debe utilizarse el programa Microsoft Excel a través de las diferentes pantallas y sub-pantallas, y se instruye a los operarios para que rellenen correctamente los diferentes apartados y así obtener una información verídica y de vital utilidad para la empresa y su Mantenimiento.

3.7.1 Introducción.

Microsoft Excel es un programa de uso masivo que aporta una interfaz intuitiva y un sistema de almacenamiento de archivos que garantiza las funciones del sistema GMAO. A groso modo, un sistema GMAO es un programa informático que permite a las empresas gestionar el Mantenimiento de los equipos que dispongan y de sus instalaciones. La empresa Nutrexa debido a su posición de reciente absorción lo está utilizando como método de recopilación de datos. Hoy en día las empresas utilizan además otros soportes informáticos para GMAO como, por ejemplo, SAP, que consiste en un sistema de módulos para la administración empresarial en la que información se comparte con los diferentes módulos y se puede tener acceso a ella. Hasta que no se realice una recopilación completa de datos no se volcará todo a un soporte informático de las dimensiones del Excel. El traspaso de una herramienta informática a otra supone una inercia inicial importante ya que requiere disponer de multitud de conocimientos y manejar la sincronización entre diversas funciones. Además, un aspecto clave es la repercusión económica que este cambio puede conllevar en el plan de la empresa.

3.7.2 Descripción del programa.

La propuesta del Proyecto Fin de Carrera presenta como novedad, la implantación del Plan de Mantenimiento Preventivo en soporte Excel. Se ha desarrollado un programa PMP que, a su vez, utiliza el entorno Excel para definir de forma clara e inequívoca, mediante distintas hojas de cálculo, el Mantenimiento que se requiere realizar. En principio, se utilizan 3 ficheros de hojas de cálculo:

- En un primer fichero se volcará el histórico de Mantenimiento Correctivo para disponer de datos almacenados sobre la máquina.
- En un segundo fichero se da soporte al Mantenimiento Preventivo ya que este caso es el que nos ocupa y requiere mayor complejidad de formulación.
- En el último se da soporte al sistema de almacenamiento de datos para Mantenimiento Predictivo.

El PMP consta de una pantalla inicial en la que aparece un esquema simplificado de la Línea de Producción, ya que todos los datos son confidenciales (*Figura 16*).

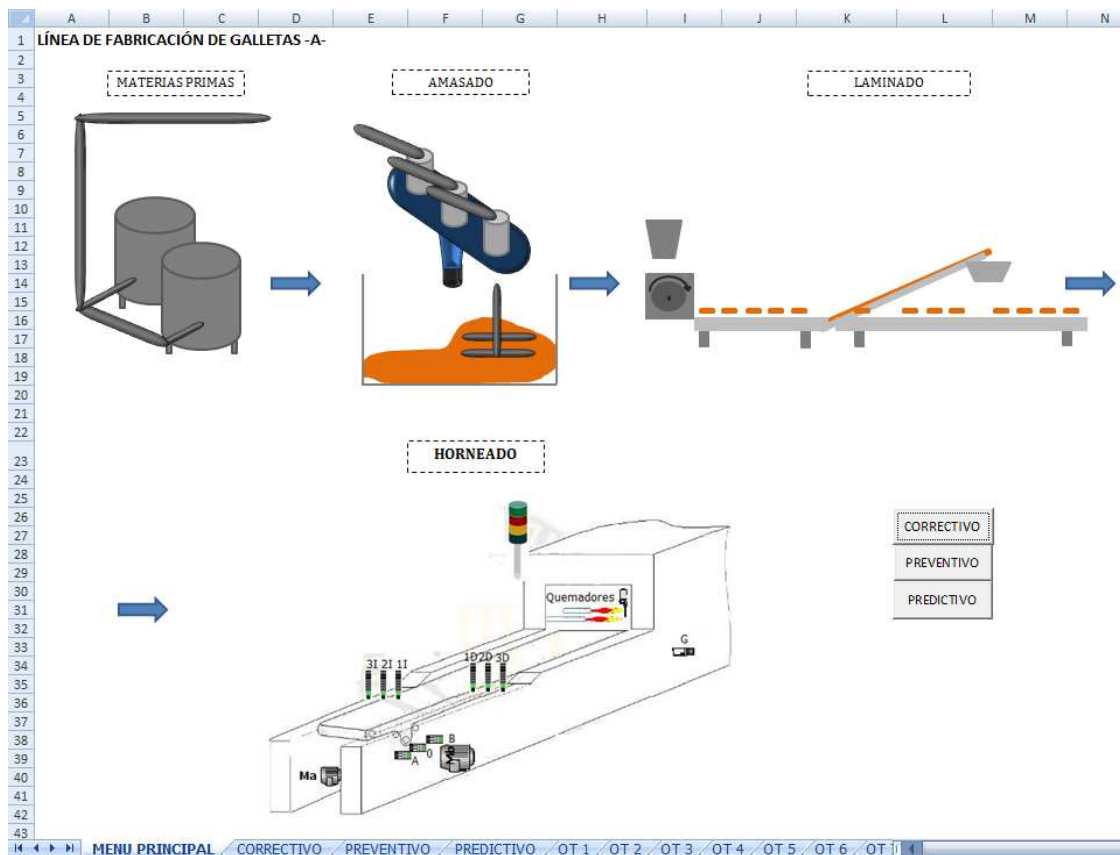


Figura 16. Captura del Excel, representa el Menú Principal.



Se tratan todos los elementos de manera genérica y sin grandes detalles. En ella aparece un gráfico del Horno Industrial con mayor detalle ya que constituye el punto central del trabajo desarrollado en el Proyecto. En él aparecen los elementos específicos sobre los que se realizará el Mantenimiento y un esquema visual de la composición de la máquina en cuestión para su mayor comprensión. El programa permite, a través del uso de botones sencillos, el acceso a los distintos tipos de Mantenimiento para comprobar su estado. Así se consigue un esquema funcional del estado actual y concreto de los elementos que componen el Horno Industrial. El usuario al acceder a los tipos de Mantenimiento se encontrará otras hojas de cálculo de fácil manejo y muy intuitivas que tendrá que rellenar.

Si el usuario elige el Mantenimiento Correctivo aparecerá una hoja de cálculo con los elementos del Horno Industrial, un histórico de los trabajos que se han realizado en ellos, y la opción de anotar si están realizados o no y por quién se ha realizado dicho trabajo. Como se muestra en la *Figura 17*.

Elemento	Trabajo	¿Realizado?	Operario/Empresa externa
CINTA	Roturas parciales de los laterales de la cinta	<input type="checkbox"/>	-
Sist. Transmisión	Fuga aceite motor reductor	<input checked="" type="checkbox"/>	Mto
Sist. Transmisión	Sustitución de rodillos apoyo inferior N°72, N°80 y N° 83	<input checked="" type="checkbox"/>	Subcontrata
Sist. Transmisión	Desgaste de soportes de rodamientos N° 23, N° 120, N° 121, N° 140	<input type="checkbox"/>	-
CINTA	Desgaste del empalme cinta	<input type="checkbox"/>	Mto
		<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	

Figura 17. Captura de la hoja de cálculo del Mantenimiento Correctivo.

Si el usuario decide evaluar con un Mantenimiento Preventivo, aparecerá una pantalla en la cual se establece el PMP, es decir, el Plan de Mantenimiento Preventivo. Es un planning resumen de todas las actividades a realizar en el Horno Industrial, se ha realizado una captura en la *Figura 18*. El PMP está definido por: el *Nº de Orden* de Trabajo (OT), la *Periodicidad* del evento, el *Elemento* sobre el que realizar la inspección, la *Actividad* a realizar y la *Fecha* de inicio. Todos los datos son volcados por el Jefe de Mantenimiento para que, a través de las formulas programadas en el fichero, se establezca la sistematización de las tareas. En la parte inferior de la figura aparece una leyenda que indica la planificación de la OT. Por ejemplo, si la



tarea (o conjunto de tareas, gama) está planificada, se marca con una X; si la tarea está próxima a su realización se marca con una exclamación “!” en amarillo.

	HORNO INDUSTRIAL							DE GAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																
	RUTAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO							PLANIFICACIÓN																																
	Ne	Periodicidad	Elemento	Operación a realizar	Fecha inicio																																			
1	Q	Cinta	Verificar estado de los laterales	10/01/2012	Enero	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
2	W	Cinta	Verificar estado del ancho	01/01/2012	Enero	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
3	M	Sist. Transmisión	Verificación del giro de los rod.	03/02/2011	Enero	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
4	A	Sist. Transmisión	Engrase de rod.	03/02/2012	Enero	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
5	A	Sist. Transmisión	Nivel aceite reductor	05/09/2012	Enero	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
6	M	Sist. Transmisión	Verificar estado de piones y cadenas	05/05/2012	Enero	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
7	A	Sist. Transmisión	Revisión del motor corrector dcho.	05/07/2012	Enero	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
8	A	Sist. Transmisión	Revisión del motor corrector izq	05/08/2012	Enero	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
9	A	Sist. Transmisión	Revisión del motor tensor	05/09/2012	Enero	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
10	A	Sist. Transmisión	Revisión del motor arranque	01/01/2015	Enero	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35

LEYENDA:

Planificación:

- X Gama planificada
- ! Gama planificada proxima
- ? Gama atrasada
- V Gama realizada

Periodicidad:

- W semanal
- Q quincenal
- M mensual
- B bimestral
- T trimestral
- C cuatrimestral
- S semestral
- A anual

Figura 18. Captura de la hoja de cálculo del Mantenimiento Preventivo.



El usuario debe pulsar sobre el Número de Orden de Trabajo que se debe realizar, y aparecerá otra pantalla que debe rellenar con los datos obtenidos tras realizarse dicha tarea. El resumen se guardará en formato .pdf, con la fecha y el nombre de la tarea, como se muestra en la Figura 19, además también queda reflejada la fecha anterior y la próxima que haya programada.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO					Nº OT	2
FECHA PROGRAMADA:	25/06/2012	ANTERIOR:	18/06/2012	PROXIMA:	02/07/2012	
Elemento a inspeccionar:	Cinta					
Operación a realizar:	Verificar estado del ancho					
Reparación:	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Si	A falta de:				
Observaciones:						

Figura 19. Captura de la OT Nº2.

A continuación, el usuario deberá pulsar, de nuevo, sobre Mantenimiento Preventivo para volver a la pantalla anterior. Una vez allí, deberá pinchar sobre el hipervínculo dicha actividad a la tarea programada pulsando debajo de la semana programada. Con ello se despliega una fila donde dejará el registro de la tarea realizada. De este modo se consigue dejar dicha tarea como realizada, como se muestra en la Figura 20.

RUTAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						PLANIFICACIÓN																										
HORNO INDUSTRIAL						DE GAMAS DE MANTENIMIENTO PF																										
Nº	Periodicidad	Elemento	Operación a realizar	Fecha inicio		ENERO		FEBRERO					MARZO					ABRIL					MAYO					JUNIO				
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	Q	Cinta	Verificar estado de los laterales	10/01/2012		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	
						EJECUTADO	EJECUTADO	EJECUTADO	HORNO/CINTA/Q/VERIFICAR/20120215					HORNO/CINTA/Q/VERIFICAR/20120302					EJECUTADO	EJECUTADO	EJECUTADO	EJECUTADO	EJECUTADO	EJECUTADO	EJECUTADO	EJECUTADO	EJECUTADO	EJECUTADO	EJECUTADO	EJECUTADO		
2	W	Cinta	Verificar estado del ancho	01/01/2012		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	
3	M	Sist. Transmisión	Verificación del giro de los rod.	03/02/2011				V				V			V			V			V			V			V			V	!	X
4	A	Sist. Transmisión	Enerase de rod.	03/02/2012				V																								

Figura 20. Captura del detalle del Mantenimiento Preventivo.



Finalmente, si se elige Mantenimiento Predictivo, aparecerá una pantalla con un menú desplegable para seleccionar el tipo de Gráfico que se quiere observar. De este modo, el usuario dispone de forma directa y clara de todos los parámetros observables y medibles del Horno Industrial, para poder anticiparse ante cualquier desviación. El detalle se muestra en la *Figura 21*.

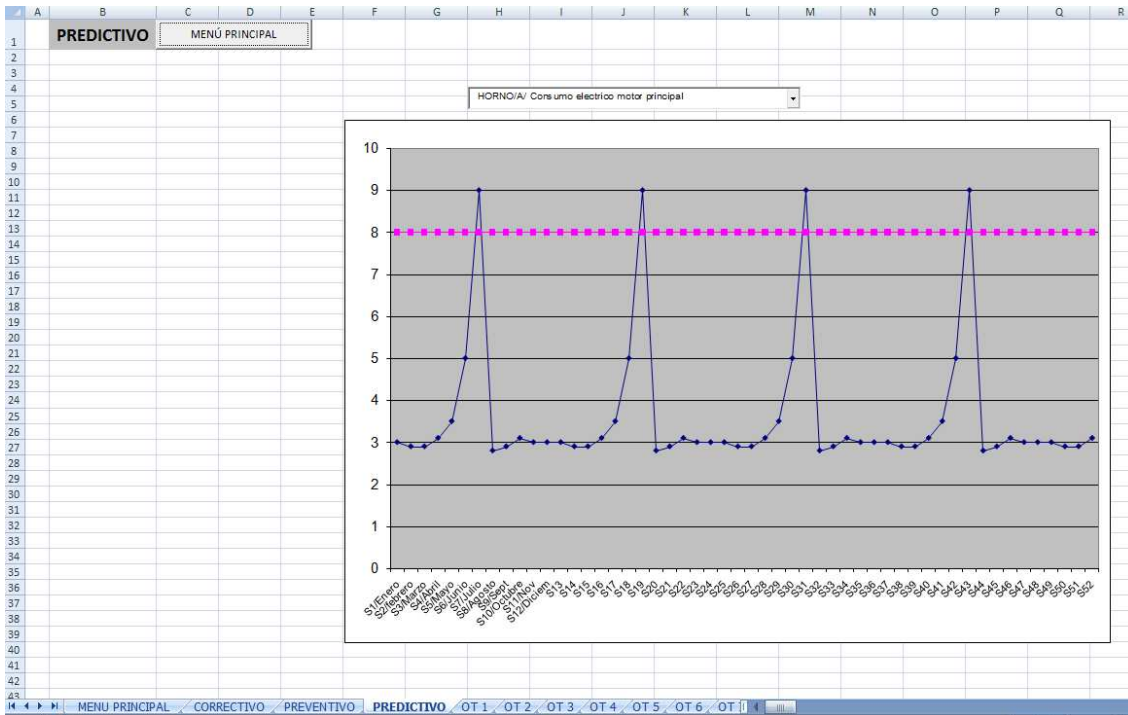


Figura 21. Captura de la hoja de Mantenimiento Predictivo.

En el ejemplo, el eje horizontal representa las semanas que tiene un año, o los meses del año, en función de cómo se obtengan los datos, y los compara con un valor límite representado por la franja rosa. En el eje vertical se representan los valores numéricos del parámetro seleccionado. Este gráfico ayuda en gran medida a tomar decisiones rápidas y claras sobre acciones a llevar a cabo en dichos elementos.

Como se puede observar en todas las figuras anteriores hay un botón de “Menú Principal” para regresar a la página inicial.



CAPITULO 4. -

HORNO INDUSTRIAL.

En este capítulo se trata en detalle cada aspecto de la máquina que se va a automatizar. Se estudian las características generales de una Línea de Producción de Galletas, las características del proceso de Producción en el que se centra el Proyecto, qué es el Horneado, quiénes son los fabricantes de hornos y qué tipos existen en la actualidad. Para acabar se comenta el diseño mecánico y eléctrico del horno elegido para comprender con exactitud el funcionamiento del mismo, que posteriormente se automatizará.

4.1 Generalidades de la máquina a automatizar.

La máquina implicada en el presente proyecto es la que forma parte del proceso de elaboración de galletas. Para situar la ubicación de la máquina que se quiere automatizar, es necesario comentar brevemente como se elabora una galleta y además se muestra una representación gráfica que refleja una Línea de Producción de galletas, para la comprensión del proceso de producción (Ver *Figura 22*).

El proceso se inicia con la mezcla de los ingredientes básicos, como son: harina, azúcar, grasas animales y vegetales y agua. La proporción a utilizar depende del tipo de galleta que quiere producir. La masa se lamina, controlando su espesor, en un sistema de rodillos antes de pasar a la cortadora donde la masa pasa a través de una banda transportadora provista de rodillos en la parte superior que le dan la forma deseada a la galleta. La masa sobrante del corte se recircula a la laminadora.

Se continúa con la etapa de horneado para eliminar la humedad y darle volumen ya que la consistencia y la sensación de la galleta depende de su contenido de agua. A las galletas horneadas se les adiciona aceite y se enfrían a lo largo de una banda transportadora; finalmente se estuchan y empaquetan.

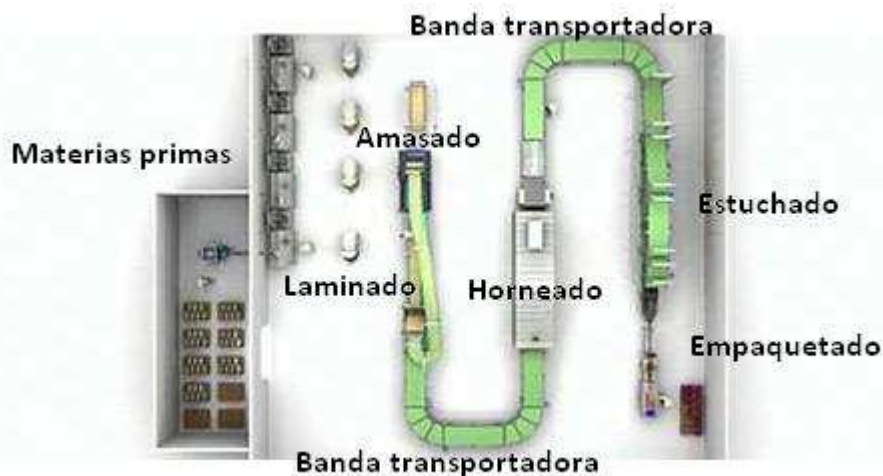


Figura 22. Representación gráfica de una Línea de Producción de galletas.

El este proyecto, en la máquina que se centra, es exactamente en el horno industrial, que es donde se procede a la cocción de las galletas obtenidas del proceso de amasado y laminado que le precede, como se ha comentado anteriormente.

4.2 Fabricantes de hornos industriales.

En este apartado se muestran los fabricantes más importantes de hornos industriales a lo largo de la historia y se da una idea general de lo que ha ocurrido a lo largo del tiempo. Los tres fabricantes en los que se centra son aquellos que tienen un mayor volumen de negocio en la actualidad, y debido a su gran importancia por sus diversos tipos de hornos en función de su aplicación el horno en el que se centra este apartado es del fabricante Baker Perkins.

■ Baker Perkins



Esta empresa recibe su nombre de Jacob Perkins y Joshep Baker dos norteamericanos que emigraron a Inglaterra y allí la fundaron en el siglo XIX. Perkins era inventor y experimentaba con el vapor a alta presión hasta que creó un horno de vapor para hacer pan. Por otro lado, Baker creó un sencillo mecanismo de cucharón y tamiz combinados para ayudar a las amas de casa victorianas. Tuvo gran éxito y fundó una empresa que se convirtió en proveedora de maquinaria para las industrias de panadería, galletas, chocolate y confitería.

Cuando se fusionaron, Baker y Perkins eran hombres de prestigio en la fabricación de los productos comentados. Y, poco a poco, se fue ampliando el negocio hasta que en 1987 la adquirió AVP, que la alzó a un nivel global. Pero, en 2006, Baker Perkins recuperó su independencia al ser adquirido por inversores privados, John Cowx y Brian Taylor.

El objetivo de esta empresa se desarrolló a largo plazo, maximizando las técnicas y el potencial a través de una cultura flexible, centrada y emprendedora.

■ Imaforni



IMA (Industria Macchine Alimentari) es una empresa centrada en el diseño y fabricación de equipos para la industria de productos horneados. Fue adquirida, en 1962, por el Sr. Demetrio Castillo y el Sr. Ugo G. Bademer. En sus inicios fabricaba hornos de *rack* estático para panaderías pequeñas. Gracias a la experiencia adquirida comenzó a desarrollar su capacidad, técnica y estructura y creó la primera planta industrial completa.

El objetivo de la empresa siempre ha sido la búsqueda de la innovación en la gama de equipos, clave para el gran éxito mundial y la adopción de sofisticadas herramientas *software*.

■ Franz Haas



El inicio de esta compañía fue en 1905 por el cerrajero Josef Haas. La convirtió en una empresa familiar, lo que produjo la incorporación de nuevas ideas, como fueron los trenes de laminación de piedra redonda y pletinas. Posteriormente, se trasladó a Centroeuropa donde empezó la inmersión en una nueva maquinaria para la fabricación de obleas. Por la creciente demanda de nuevos productos, en 1966, iniciaron su camino hacia la creación de maquinaria para la producción de gofres.

En la actualidad, es un grupo empresarial formado por:

- ✓ Franz Haas, que se encarga de la producción de maquinaria para la fabricación de obleas, barquillos suaves, crepes, etc.
- ✓ Mondomix, que fue adquirida en 2002, encargada de la creación de sistemas continuos de ventilación.
- ✓ Steinhoff, adquirida en 2003, que introduce equipos automáticos de cocción.
- ✓ Y por último, Meincke, miembro del grupo desde 2009, que aporta la integración en equipos de proceso de producción de galletas y pasteles.

4.3 Tipos de hornos industriales.

Los hornos, en Líneas de Producción de galletas, son de tipo túnel, para poder realizar una cocción en continuo. Centrándose en un solo fabricante, en este caso ha sido escogido, Baker Perkins, existen diferentes tipos de hornos dependiendo principalmente de la forma en que se le suministra calor a la galleta, los más importantes son: Los hornos de tipo radiante y los hornos de convección.

❖ Tipo Radiante:

▪ Hornos de gas de fuego directo, DGF:

Es el horno más flexible de Baker Perkins, ya que es un horno modular que se caracteriza porque la combustión que se crea en el horneado de galletas, tiene lugar dentro de la cámara por la que pasa el producto. El fabricante proporciona este modelo, con un diseño sofisticado, con sistemas informáticos de modelaje para proporcionar productividad óptima de los componentes más importantes (por ejemplo, quemadores o conductos de extracción). Al manipular el flujo de aire de este modo, se proporciona un control predecible y preciso sin que se queme el borde de la galleta.

El horno de gas de fuego directo (*Figura 23*) es el más potente y económico. Entre sus cualidades, los operarios aprecian la visibilidad dentro de la cámara de horneado, que simplifica la comprensión del proceso y facilita el control.



Figura 23. Fotografía de un horno de Gas de Fuego Directo, DGF, de Baker Perkins, ubicado en la Línea de Producción.

Los quemadores que lleva incorporados son quemadores de cinta Flexiflame. Tales quemadores se dividen en secciones de quemado separadas que se pueden ajustar individualmente para equilibrar la entrada de calor al horno. Esto compensa los efectos sobre los bordes y otras características del horno que pueden producir un horneado irregular y sobras. Otras características propias de los quemadores son:

- ✓ Proporcionan hasta el doble de entrada de calor que los quemadores convencionales.

- ✓ La anchura y la potencia de la llama se ajustan fácilmente sin necesidad de extraer el quemador del horno.
- ✓ Permiten el acceso instantáneo a inyectores del mezclador para limpieza y Mantenimiento.
- ✓ Se pueden adaptar a otros hornos existentes.

Para observar más detalladamente la parte mecánica del horno directo, se representa un diagrama de funcionamiento de la zona de cocción en la *Figura 24*, y un esquema 3D, en la *Figura 25*, que representa el interior del mismo y algunos componentes de comunicación con el exterior.

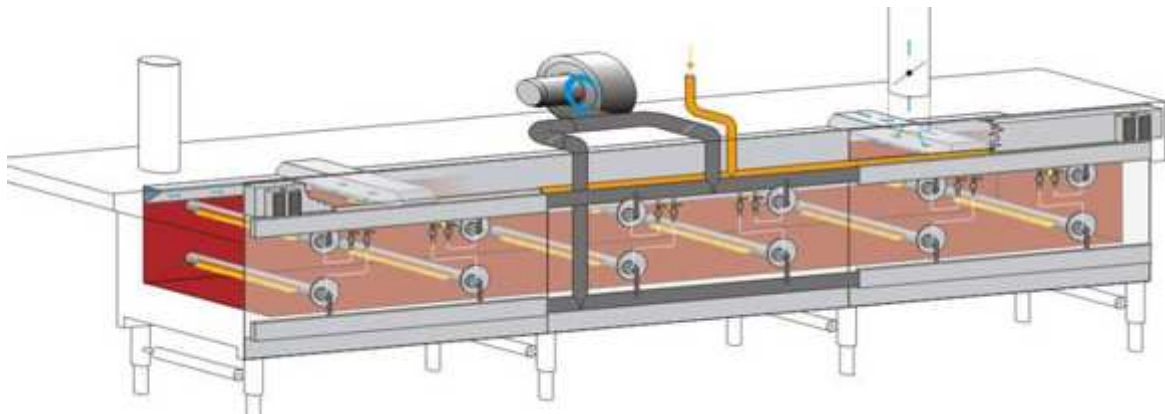


Figura 24. Detalle de la zona de cocción para un horno de Gas de Fuego Directo, DGF, de Baker Perkins [Diagrama proporcionado por proveedor en su Gama de fabricación].

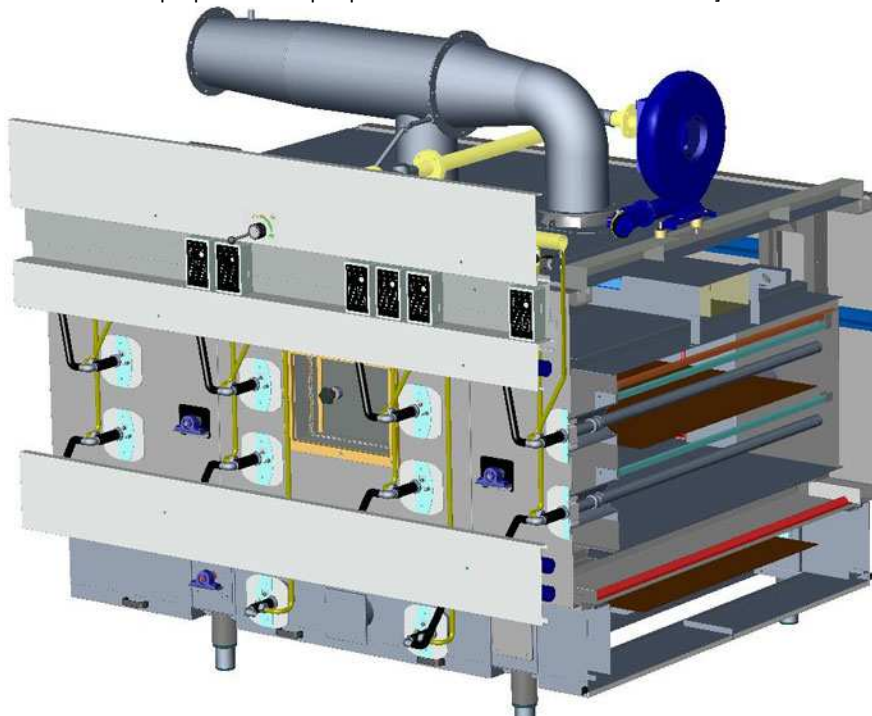


Figura 25. Detalle del interior y exterior en 3D para un horno de Gas de Fuego Directo [Esquema proporcionado por proveedor en su Gama de fabricación].

❖ **Tipo de convección:**

▪ **Hornos de convección indirecta, Jetcirc:**

El horno Jetcirc ofrece una alta capacidad de producción y bajos costes de funcionamiento. Se dispone de dos versiones: El horno de convección directa, que se muestra como el más potente y eficaz. Por su parte, el horno de convección indirecta brinda una selección más amplia de tipos de combustible. En este caso, el aire no se mezcla con las galletas, debido a que posee elementos contaminantes. Además posee un control de humedad óptimo.

El horno de Jetcirc (*Figura 26*) resulta especialmente cómodo para los operarios y los ingenieros de Mantenimiento. Este hecho se debe a las medidas de higiene que posee, como la ubicación de las puertas a nivel del suelo de la cámara (para facilitar la limpieza), el fácil acceso a los quemadores y espaciado suficiente entre el suelo y los rodillos de banda de retorno, para facilitar la limpieza.



Figura 26. Fotografía de un horno de convección indirecta, de Jetcirc.

A continuación se adjuntan, en las *Figuras 27 y 28*, dos diagramas que muestran el detalle del funcionamiento de un horno de convección directa. En la *Figura 29* se muestra uno de convección indirecto.

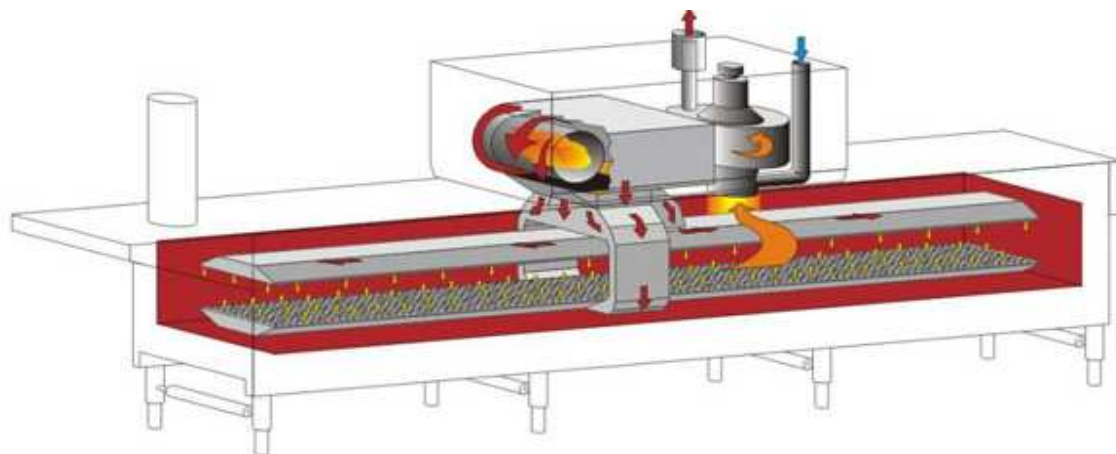


Figura 27. Diagrama de funcionamiento de un horno de convección directa. [Diagrama proporcionado por proveedor en su Gama de fabricación].

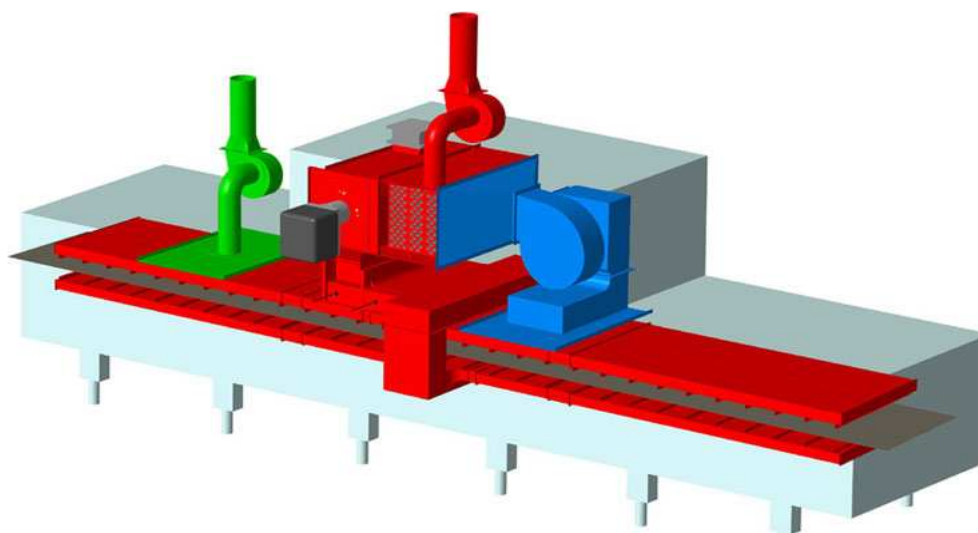


Figura 28. Distribución del calor en un horno de convección directa. [Esquema proporcionado por proveedor en su Gama de fabricación].

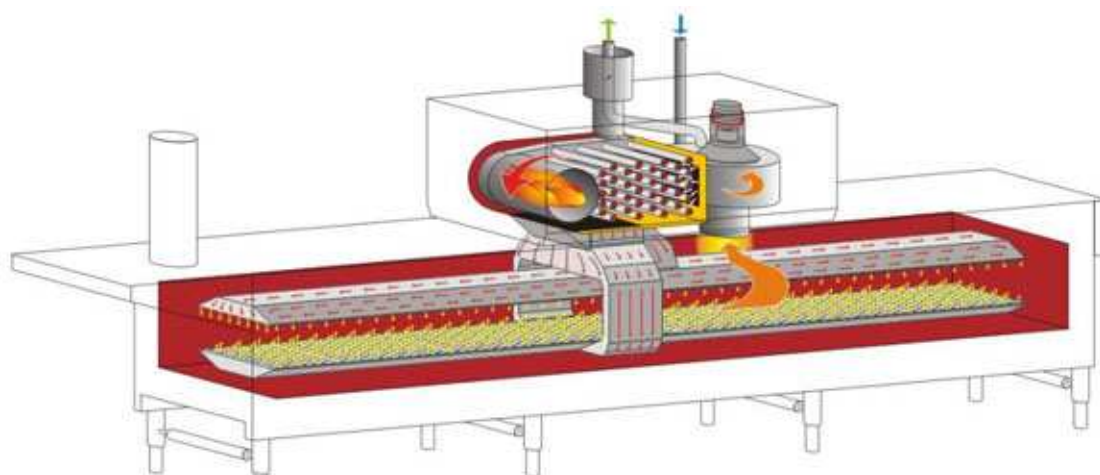


Figura 29. Diagrama de funcionamiento de un horno de convección indirecta. [Esquema proporcionado por proveedor en su Gama de fabricación].

❖ Hornos híbridos

Este tipo de horno, de creciente popularidad, combina las mejores opciones de cocción disponibles: radiante, convección directa y convección indirecta. Todas ellas proporcionan diferentes métodos de calentamiento: calefacción variable, eficiencia térmica, transferencia de calor y características de flujo de aire, que afectan a la calidad del producto. Este tipo de horno combina las ventajas de dos tipos de hornos, radiante y de convección, para crear uno que coincida exactamente con las necesidades específicas (Figura 30).



Figura 30. Fotografía de la salida de un horno híbrido, de Baker Perkins.

La mayoría de hornos híbridos presentan una sección de Gas de Fuego Directo, DGF, para la primera etapa del horneado y una sección de convección para las siguientes etapas. Muchos fabricantes de galletas creen que para la primera etapa de horneado es aconsejable el movimiento de aire (Figura 31), ya que seca las capas exteriores e impide que la galleta salga con un grosor demasiado elevado.

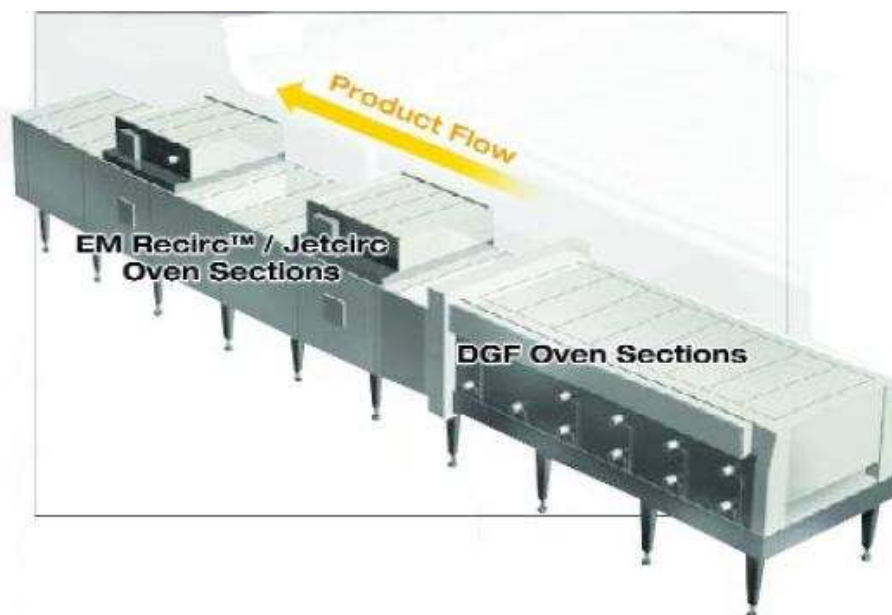


Figura 31. Diagrama de funcionamiento de un horno híbrido. [Diagrama proporcionado por proveedor en su Gama de fabricación].

Para elegir correctamente el tipo de horno que se necesita el proveedor, Baker Perkins, presenta un resumen claro de los parámetros necesarios para valorar que horno se necesita en cada caso. *Figura 32.*

Gráfico de la gama de hornos

Horno	Tipo	Características	Producto típico	Anchuras del horno (mm)
DGF	Radiación con turbulencia opcional	Cocción totalmente radiante o totalmente convectiva o cualquier combinación	Galletas, cookies, galletas saladas, comida para mascotas	1016, 1320, 1600, 1880
Jetcirc directo	Convección directa	Horno de convección potente	Galletas, cookies, barras, comida para mascotas	1016, 1320, 1600, 1880
Jetcirc Indirecto	Convección indirecta	Horno flexible de uso general para un secado de calidad.	Galletas, cookies, barras, comida para mascotas	1016, 1320, 1600, 1880
Híbrido	Radiación (DGF) con convección (Jetcirc)	Horno flexible de uso general con gran capacidad de calor. Flexibilidad máxima	Galletas, cookies, barras, galletas saladas, comida para mascotas	1016, 1220, 1520, 1880

Figura 32. Resumen de la gama de hornos. [Proporcionado por proveedor en los datos de las máquinas].

4.4 Diseño mecánico de un horno industrial.

Aunque el objetivo de este proyecto no incluye el diseño mecánico de la máquina en cuestión, ya que el equipo se encuentra instalado y la labor de este proyecto es sólo automatizarlo, sí que se van a incluir unas ideas generales sobre el proceso de cocción y las partes mecánicas involucradas.

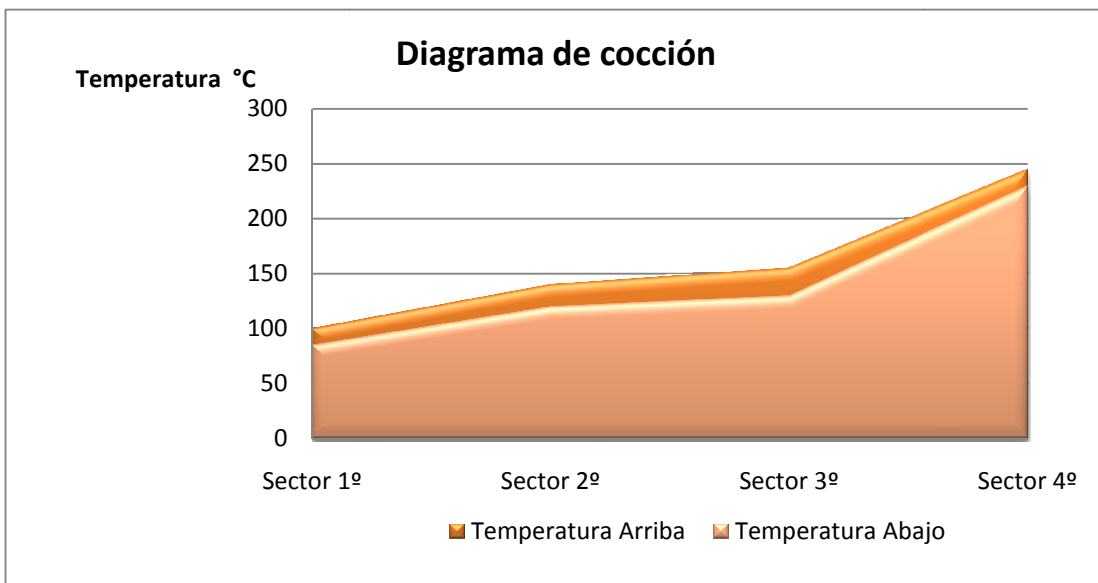
Un horno está formado por diversos elementos que consiguen realizar el trabajo de horneado de la galleta. Está formado por distintas secciones de la cámara de combustión, donde se realiza la transferencia de calor del quemador a la galleta. Está provisto de dos o tres dorsales de alimentación: techo, suelo y platea. Además, está dotado de un conjunto de turbinas que suministran el aire necesario a los quemadores para la combustión. El horno extrae, del interior de la cámara, los productos de combustión y el vapor que crea el producto en la fase de cocción, para la correcta depresión del vacuostato. La distribución en las correspondientes proporciones de gas y aire se realiza mecánicamente por una claqueta, que modula el paso de la mezcla para regular la llama. Así se consigue que la llama sea azul, para una combustión correcta que proporcione la potencia de calor suficiente sin que exista demasiada pérdida de CO₂ a la atmosfera. La proporción se consigue gracias a un presostato que comprueba que el aire esté presente y que se encuentre en el nivel permitido. La regulación de la mezcla aire/gas de los quemadores se realiza de manera independiente en tres sectores distintos de la cámara:



derecha, centro e izquierda. Esta regulación sirve para obtener una mayor potencialidad de llama en puntos determinados y satisfacer las exigencias particulares de la cocción.

Para poder establecer el tiempo de cocción es necesario tener presente, fundamentalmente, la producción que se quiere alcanzar. Esta será la que defina la velocidad que han de llevar los rodillos que transportan la galleta por la banda, para atender esa cantidad de masa por unidad de tiempo. Para alcanzar el punto óptimo de cocción se modulan los quemadores para que la temperatura nominal sea la deseada, dentro de unos márgenes. La monitorización de la temperatura, en todo momento, se obtiene a través de una sonda de temperatura que proporciona este dato. La transducción de la magnitud de temperatura en señales eléctricas y éstas en señales mecánicas, indican a la claqueta si debe dejar más o menos paso de la mezcla. Por tanto, el funcionamiento de los quemadores es progresivo, se está constantemente modulando.

Los grados necesarios para que hornee la galleta, la modulación para dicho valor, es variable según qué sector se encuentre el quemador. Ya que el primer y segundo sector es para ir eliminando la humedad y dar volumen sin cocer pero con consistencia a la galleta, en este paso existe diversas configuraciones de grados y velocidades en función de la sensación de humedad que se quiera dar. En el tercero y último sector, es el momento en el que la galleta está totalmente deshidratada y comienza a formarse la apariencia de horneada apareciendo colores más amarillentos. Posteriormente se le adiciona aceite si es necesario y se enfría a lo largo de la siguiente cinta transportadora hasta ser empaquetada. En la *Gráfica 6* representa la temperatura a la que se encuentra la masa a lo largo de los diferentes sectores, como esta temperatura oscila entre un máximo y mínimo el rango de modulación es la franja intermedia. En este ejemplo se configura para 20 revoluciones por minuto y un tiempo de cocción de cinco minutos y diez segundos.



Gráfica 6. Diagrama de cocción.

El movimiento de la galleta por el horno se realiza a través de una banda transportadora de acero inoxidable, categoría AINSI 314 (especificada según la Normativa para fabricación de producto alimentario). Esta banda está guiada por unos rodillos colocados para transmitir el movimiento. Una vez diseñada la velocidad de la banda, y conociendo el tiempo de cocción, se averigua el par necesario para transferir las revoluciones por minuto (R.P.M) necesarias para el movimiento del motor. De este modo, se obtiene directamente la potencia necesaria.

Hay que recalcar que estos valores son aportados por los diseñadores mecánicos, los cuales, atendiendo a las características específicas de la máquina, decidirán cuáles son las potencias necesarias para cada motor. La labor de este proyecto será, conociendo las diferentes potencias de los motores, electrificarlos y automatizar su funcionamiento.

4.5 Diseño eléctrico de un horno industrial.

En este apartado se describen cada uno de los elementos de la instalación con la finalidad de identificarlos y mostrar, brevemente, algunas de sus características más importantes para su selección previa. Se incluyen: el seccionador, el interruptor automático o disyuntor, los contactores, el variador de velocidad, el cuadro eléctrico, los pulsadores, las balizas, los sensores inductivos, el contador.

■ SECCIONADOR.

Su misión es aislar el circuito sin carga y hacerlo visible. Debe soportar corrientes nominales, sobre intensidades y corrientes de cortocircuito durante el tiempo especificado. Normalmente se suelen utilizar como respaldo de seccionamiento de interruptores.

Se escoge el tipo de seccionador en función de la corriente máxima admisible. En la *Figura 33* se muestra el seccionador elegido. Se trata del componente 200A de 3polos, referencia: 2698 3020 de la empresa SIRCO, modelo 158_b_1_cat, de baja tensión 125-4000 (Anexo A).



Figura 33. Seccionador sirco_158_b_1_cat de SIRCO.

■ INTERRUPTOR AUTOMÁTICO O DISYUNTOR.

Un interruptor, es un aparato mecánico de conexión, capaz de establecer, soportar e interrumpir la corriente en condiciones normales de circuito y circunstancialmente las condiciones específicas de sobrecarga en servicio, así como de soportar durante un tiempo determinado ($<1s$) intensidades anormales específicas del circuito, tales como las de cortocircuito.

El mercado ofrece innumerables opciones, entre ellas existen los interruptores automáticos o disyuntores, que sí ofrecen la protección frente a cortocircuito (del orden de kA) y el control se realiza a través de sistemas de relés.



Figura 34. Interruptor automático de Schneider Electric.

El elegido (*Figura 34*), en función de sus especificaciones técnicas, es el modelo de disyuntor en miniatura Multi 9 C120N, referencia: 18347, de la marca Schneider Electric, de 2 polos 125 A curva B (Anexo B).

■ CONTACTORES.

Un contactor es un aparato mecánico de conexión, con una sola posición de reposo, que puede ser la de abierto o cerrado. Es capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales de circuito, incluidas las condiciones de sobrecarga en servicio. Ciertos contactores pueden ser capaces de establecer o interrumpir corrientes de cortocircuito.

La parte esencial es el electroimán, que es el elemento motor del contactor, compuesto por una serie de dispositivos; los más importantes son el circuito magnético y la bobina. La bobina tiene como misión transformar la energía eléctrica en magnética, generando así un campo magnético muy intenso, que provocará un movimiento mecánico.

El contactor elegido, *Figura 35*, es el modelo LC1D093B7 TeSys LC1-D-3 polos-AC-3 440V 9 A-bobina 24V CA, de la empresa Telemecanique, con proveedor Schneider Electric. (Anexo C).



Figura 35. Contactor LC1D093B7 de Telemecanique.

■ VARIADOR DE VELOCIDAD.

Con el variador de velocidad, se trata de reducir la punta de arranque con el fin de no tener que sobredimensionar la instalación y ahorrar en consumos energéticos. Con este dispositivo se puede controlar la amplitud de la tensión aplicada en los bornes del motor que, básicamente, controla el momento del arranque. Además, controla la frecuencia, con lo que se modifica la velocidad de giro del motor.

Por sus características el variador de velocidad elegido, *Figura 36*, es el Varispeed E7, modelo CIMR-E7Z, de Omron (Anexo E).



Figura 36. Variador de velocidad Varispeed E7 de Omron.

■ CUADRO ELÉCTRICO.

El cuadro eléctrico de distribución se utiliza para repartir y controlar los elementos necesarios para el funcionamiento eléctrico de la instalación. En su interior, están los elementos de control y protección de los circuitos, así como los que ofrecen la protección de las personas. (Anexo F).

Actualmente, Siemens proporciona un *software* sencillo para el cálculo de los sistemas necesarios. El sistema elegido es de este fabricante, el modelo SIVACON S4 (*Figura 37*). Está diseñado por un sistema modular de componentes, adaptado a las modalidades de uso (estandarizadas) y existe una amplia gama de modelos de cuadros eléctricos. El fabricante proporciona una configuración segura y rápida, mediante el manual y *software* SIMARIS Configuration Basic. Sus características técnicas son:

- Su armazón es de tipo marco, usando perfiles con galvanizado Sendzimir y tornillos autorroscantes. Posee una construcción de alta resistencia mecánica y puesta a tierra segura del montaje.
- Los componentes de la envolvente permiten realizar versiones con los grados de protección IP30, IP40 ó IP55. Dichos componentes están realizados en RAL 7035. Además dispone del mecanismo de cierre de varilla con paletón doble de 3 mm, suministrado de serie.
- *Kits* de montaje: Para los aparatos de maniobra y de protección del tipo SENTRON 3WL, 3VL, 3NJ4, así como los aparatos modulares de instalación, la empresa ofrece *kits* de montaje con componentes perfeccionados y adaptados entre sí. La gama de *kits* de montaje se ve completada con placas de montaje modulares con altura de panel de profundidad regulable.



Figura 37. Cuadro eléctrico SIVACON S4 de Siemens.

■ PULSADORES.

Un pulsador es un dispositivo utilizado para activar o desactivar alguna función. La forma y el tamaño de los pulsadores pueden ser muy variados y se pueden encontrar en todo tipo de aparatos ya sean eléctricos o electrónicos. La mayoría de los pulsadores son activados con el contacto del dedo pero pueden tener diferente forma de activación. Son herramientas de comunicación que permiten el intercambio de información entre el operador y la máquina. Básicamente, realizan operaciones de “todo o nada”, como por ejemplo operaciones de marcha, paro, etc.

Estos componentes electromecánicos, gracias a su diseño, poseen gran facilidad de instalación, y son muy fiables ya que están fabricados para soportar cualquier condición ambiental. Sus condiciones de robustez, fiabilidad y gama de colores están establecidas en la Norma UNE-EN 60204-1:2007 de Seguridad de las máquinas.

En los aparatos electrónicos, los pulsadores suelen actuar como un interruptor eléctrico, teniendo dos posiciones, la NA (normalmente abierta) o la NC (normalmente cerrada). Es importante en el diseño de circuitos eléctricos que no exista una gran cantidad de pulsadores que puedan confundir a los usuarios de dichos circuitos.

En este proyecto se han utilizado pulsadores de Schneider Electric / Telemecanique, que ofrece una amplia gama de ellos y que son fáciles y rápidos de instalar. En la *Figura 38* se muestran algunos ejemplos.



Figura 38. Pulsadores de Schneider Electric / Telemecanique.

El modelo elegido para cada pulsador se desglosa a continuación. Para ver las referencias concretas, es preciso consultar el Anexo G1.

- Pulsador *Start*:
 - Pulsador con cuerpo rasante verde (*Figura 39*).
 - Cuerpo metálico, conexión mediante tornillo de estribo o conector.
 - Cuerpo de contacto NA con piloto luminoso LED 24V verde.



Figura 39. Pulsador verde.

- Pulsador *Stop*:
 - Pulsador con cuerpo rasante amarillo.
 - Cuerpo metálico, conexión mediante tornillo de estribo o conector.
 - Cuerpo de contacto NC con piloto luminoso LED 24V amarillo.
- Pulsador *Reset*:
 - Pulsador con cuerpo rasante azul.
 - Cuerpo metálico, conexión mediante tornillo de estribo o conector.
 - Cuerpo de contacto NA con piloto luminoso LED 24V azul.
- Pulsador de emergencia:
 - Pulsador de seta de diámetro 30mm.
 - Cuerpo metálico, conexión mediante tornillo de estribo o conector.
 - Cuerpo de contacto NC.



Figura 40. Seta de emergencia.

■ BALIZAS MÚLTIPLES.

Las balizas son elementos de señalización óptica que se utilizan para visualizar el estado de la máquina. Permiten avisar a grandes distancias de alarmas activadas en el sistema. Incluso están diseñadas para poder iluminar en todas direcciones. La Norma IEC 60204-1 establece los códigos de colores correspondientes a los mensajes que deben ser indicados, como se muestra en la *Tabla 3*.

Señalización luminosa

- Rojo: urgencia (acción inmediata requerida)
- Amarillo / Naranja: anomalía (chequeo y/o intervención requerida)
- Verde: funcionamiento normal (opcional)
- Azul: acción obligatoria (acción del operador requerida)
- Blanco: chequeo (opcional)

Luces intermitentes

- Para información específica o que requiere distinción:
- Atraer más la atención
- Exigir una acción inmediata
- Indicar una discordancia entre la orden y el estado real
- Indicar un cambio en el ciclo (intermitencias durante la transición).

Tabla 3. Tabla explicativa de la utilización de las balizas.

Un ejemplo de los diferentes tipos de balizas que se encuentran en el mercado se muestra en la *Figura 41*.



Figura 41. Balizas XVM.

Para este caso, se ha elegido la baliza de Schneider Electric modelo XVM (Anexo G2). En ella, se dispone de cuatro indicadores luminosos:

- Verde: Indica funcionamiento normal.
- Rojo: Indica emergencia.
- Amarillo: Indica una alarma o error en el sistema.
- Azul: Indica que se está realizando la acción de *Reset*.

■ SENSORES INDUCTIVOS.

Los detectores inductivos de proximidad en esta aplicación se utilizan como sensores de tipo, sin contacto físico, para el centrado de la cinta metálica que transporta las galletas a través del horno. Entre sus cualidades destacan que son una solución económica y altamente fiable. Además, su funcionamiento está libre de desgaste y se pueden emplear en entornos con condiciones exigentes como son altas temperaturas, ruidos, luz o agua. Garantizan una larga vida útil. Por lo tanto, por su velocidad, robustez, precisión y fiabilidad se han elegido los detectores inductivos de proximidad de SIMATIC PXI400, modelo M30 (*Figura 42*), con distancia de trabajo 20mm, referencia 3RG4314 (Anexo D).



Figura 42. Sensor inductivo PXI400 de SIMATIC.

■ CONTADOR.

Para completar los componentes electrónicos del esquema de la máquina, se requiere un contador electrónico digital (*Figura 43*). Su función es contar los impulsos que recibe a la entrada y representarlo en el visor, que está constituido por ocho dígitos.



Figura 43. Contador Digital H7EC-NV-B de Omron.

Sus características principales son:

- Dimensiones 48x37, y el cuerpo corto, todos los modelos tiene una profundidad de 48,5 mm.
- Velocidad de entrada dual, 30Hz-1kHz.
- Altura de los caracteres 8,6mm.
- Incluye contraluz para la visibilidad mejorada en lugares de débil encendido.

Por todo ello, el elegido es el contador H7EC-NV-B de OMRON de tipo ascendente para realizar la cuenta creciente (Anexo H).



CAPITULO 5. –

IMPLEMENTACIÓN DEL AUTOMANTENIMIENTO EN EL AUTOMATA PROGRAMABLE.

Este capítulo trata de detallar el sistema que compone el autómeta y después se especifica todo el programa. Primero el programa que automatiza el Control del Horno para tener programado el funcionamiento de la máquina en Simatic Step 7, y posteriormente se detalla la programación en WinCC flexible, diseñando el entorno de la pantalla táctil.

5.1 Entorno de automatización.

En este punto del Proyecto, se aplican todos los aspectos anteriormente descritos, a un autómatas programable, el PLC modular s7-300. Con ello se consigue dar solución al diseño del Automantenimiento del horno industrial. Se ha utilizado el *software Administrador SIMATIC* y, en particular, el paquete especial de la aplicación para la programación de los controladores lógicos programables s7-300, *Step 7*. Mediante este *software* se crea el programa s7 en un proyecto que hará que el autómatas programable (PLC) vigile y controle la máquina. El sistema de automatización s7 se compone de una fuente de alimentación, una CPU y un módulo de entradas/salidas (E/S), como muestra la siguiente *Tabla 4*. En ella se especifican las características técnicas de todos los componentes que forman parte del PLC.



<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fuente de alimentación, PS 307 5A. - Con carga 120/230V AC: 24V/5A. - Referencia: 6ES7 307-1EA00-0AA0.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ CPU, 315-2 PN/DP. - Memoria de trabajo 128KB. - 0,1ms/1000 instr. - Conexión PROFINET. - Comunicación S7 (FBs/FCs cargables). - PROFINET IO-Controller; PROFINET CBA; PROFINET CBA-Proxy; - Protocolo de transporte TCP/IP; - Conexión MPI/DP combinada (MPI o maestro DP o esclavo DP) - Configuración en varias filas de hasta 32 módulos; - Ciclo de bus DP equidistante. - Routing. - Firmware V2.3. - Referencia: 6ES7 315-2EG10-0AB0.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Módulo de salidas digitales, DO8xDC24V/2A, en grupos de 4. - Referencia: 6ES7 322-1BF01-0AA0.

Tabla 4. Características técnicas de cada componente que forma parte del PLC.

Con estas premisas, el sistema que lleva a cabo la automatización se ha representado en la *Figura 44* donde se observan los componentes enumerados.

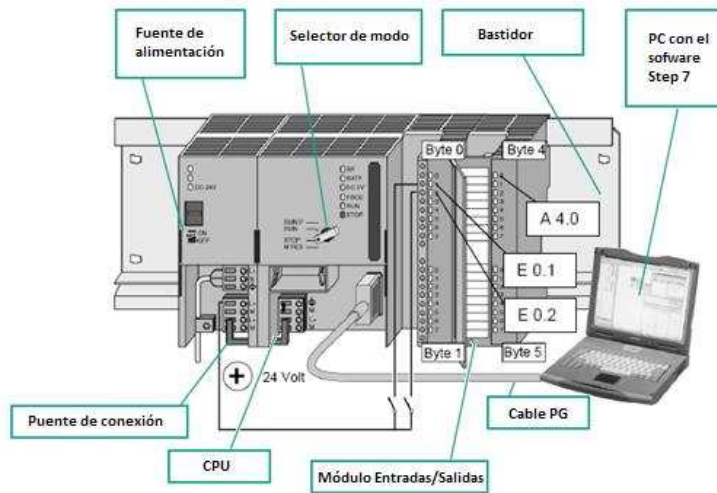
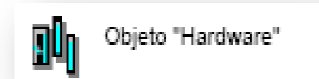


Figura 44. Elementos que componen el sistema de automatización. [Manual de Step 7]

El procedimiento básico a seguir con *Step 7* para diseñar una solución la tarea de automatización requerida, sigue los pasos. Primero se arranca el *Administrador SIMATIC* y se crea el proyecto. Los proyectos se estructuran de tal modo que permiten depositar de forma ordenada todos los datos y programas que se necesitan durante la programación. El programa *s7* contiene todos los bloques junto con los programas necesarios para controlar la máquina. A continuación el asistente pide al usuario que seleccione el bloque de organización que necesite. En este caso se seleccionará el bloque *OB1*, ya que representa el nivel superior del programa y coordina los otros bloques del programa *s7*.

El siguiente paso es establecer la configuración y selección de los parámetros de inicio. Se realiza con la ayuda de la herramienta de configuración *hardware* de *s7*. En ella se configura la disposición de los módulos, de los aparatos de la periferia descentralizada y de los submódulos de interfaz. Durante el arranque del sistema de automatización, la CPU compara la configuración teórica creada en *Step 7* con la configuración física real de la instalación. Así, es posible detectar, e indicar inmediatamente, los posibles errores. Se realiza una configuración centralizada, es decir, los módulos se disponen junto a la CPU en un bastidor. En *Step 7* se realiza como en una instalación real, con la diferencia de que los bastidores se representan mediante “tablas de configuración”. En la siguiente *Figura 45* se observa la configuración del equipo físico en una tabla de configuración que corresponde con el bastidor utilizado. *Step 7* antepone automáticamente el número del bastidor entre paréntesis y lo representa como (0) UR, que corresponde al bastidor central (Universal Rack) Nº 0.



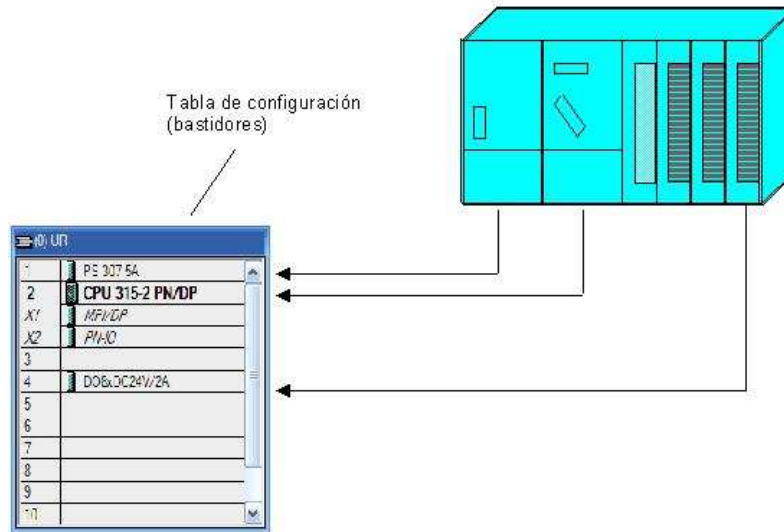


Figura 45. Tabla de configuración del autómata programable.

La tabla de configuración muestra la disposición de módulos centrales. Los módulos se tienen que disponer uno tras otro sin dejar espacios libres. En este caso, se dispone de un solo bastidor, por lo que se ha dejado un *slot* libre en la tabla, reservado para el módulo interfaz (IM); se trata del *slot* 3. En el sistema de automatización real no existe ningún hueco, de lo contrario quedaría interrumpido el bus posterior. Por tanto, la colocación de los *slots* queda como sigue:

- *Slot* 1: la fuente de alimentación.
- *Slot* 2: la CPU.
- *Slot* 3: vacío.
- *Slot* 4: el módulo de entradas y salidas.

Como tercer y último paso se crea el programa. Se programa el bloque de organización, OB1, que es procesado cíclicamente por la CPU. Esta lee el programa contenido en el bloque, línea por línea, y ejecuta los comandos. Cuando la CPU vuelve a encontrarse en la primera línea del programa, significa que ha finalizado un ciclo. El tiempo transcurrido hasta entonces se denomina "tiempo de ciclo". Este depende del lenguaje de programación que se haya elegido, de la lista de instrucciones (AWL), del diagrama de funciones (FUP) ó del esquema de contactos (KOP). Para el proyecto que nos ocupa, se ha elegido el esquema de contactos. En cualquier caso, el lenguaje ajustado se puede cambiar en todo momento, para utilizar el más conveniente.

Con estas pautas, el diagrama de flujo simplificado que se utiliza para implementar el proyecto s7 se muestra en la *Figura 46*.

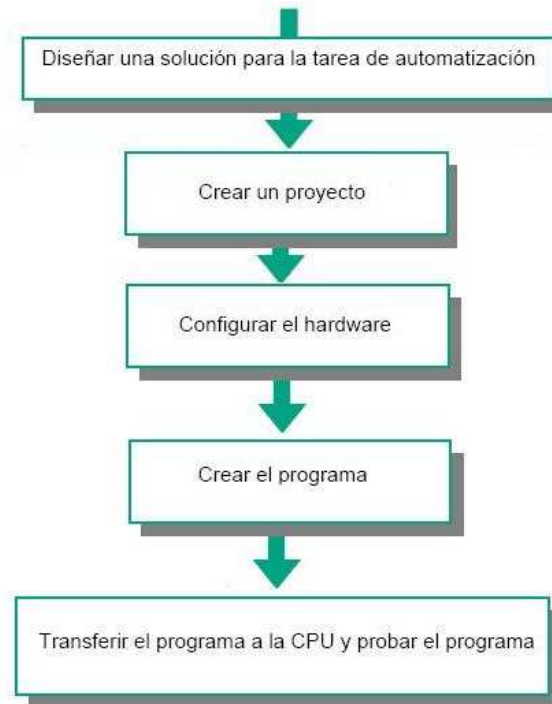


Figura 46. Diagrama de flujo del proceso. [Manual de Step 7]

Aunque el verdadero control del proceso lo posee el autómata, se requiere de una interfaz entre el operador y el autómata. Para ello se ha utilizado el sistema **SIMATIC HMI (Human Machine Interface)**, integrado en el software **SIMATIC WinCC flexible**, que ofrece una amplia gama de posibilidades para controlar el proceso en todo momento y mantener en funcionamiento las máquinas. En la *Figura 47* se muestra un esquema de interconexiones de componentes para implementar la automatización que son:- PC de configuración, Red MPI, pantalla táctil modelo *270 10" Touch* y autómata s7-300.



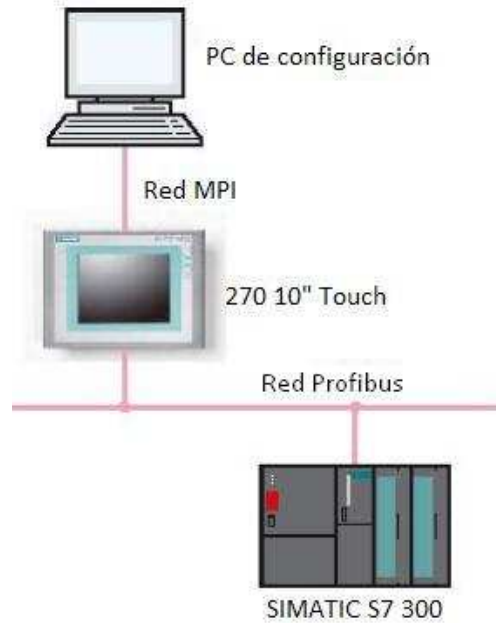


Figura 47. Componentes para la automatización. [Manual de Step 7]

De este modo, se consigue una interfaz entre el operador y *WinCC flexible* (en el panel de operador) y una interfaz entre *WinCC flexible* y el autómata, como se muestra en la *Figura 48*.

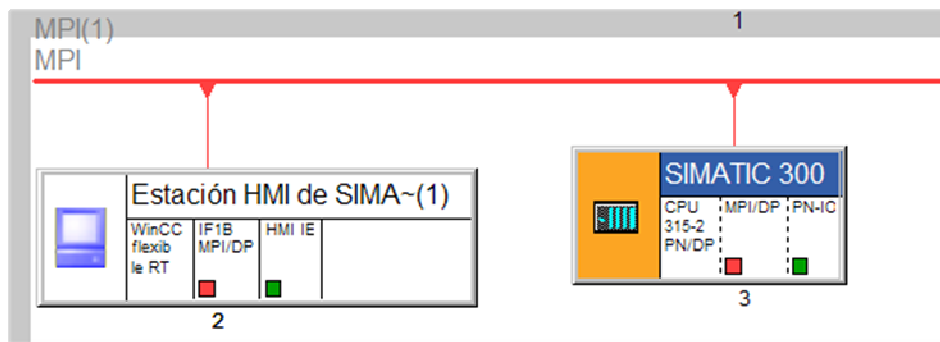


Figura 48. Red que compone el autómata.

A continuación se resumen las funciones básicas que se implementan en el programa desarrollado: las tareas que realiza por la interfaz entre el operador y el autómata, las tareas de comunicaciones y las variables que entran en juego.

✚ El sistema Human Machine Interface (HMI):

Se encarga básicamente de:

- Representar el proceso:

El proceso se representa en el panel de operador. Si se modifica, por ejemplo, un estado en el proceso, se actualizará la visualización en el panel de operador.

- Controlar el proceso:

El usuario puede controlar el proceso a través de la interfaz gráfica de usuario. Por ejemplo, el usuario puede arrancar o parar la máquina.

Comunicación:

La comunicación entre el panel de operador y el autómatas se realiza mediante el cable de conexión PG. La comunicación se realiza para el intercambio de datos a través de variables y valores del proceso. En la configuración se crean variables que señalan a una dirección del autómatas. El panel de operador lee el valor de la dirección indicada y lo visualiza. Del mismo modo, el usuario puede realizar una entrada en el panel de operador, que se escribirá en la dirección del autómatas.

La comunicación se gestiona, de forma centralizada, en el editor “Conexiones” de *WinCC flexible*, como se muestra en la *Figura 49*. En *WinCC flexible* se dispone de diversos *drivers* de comunicación. Entre los disponibles se ha elegido *SIMATIC S7 300*, con interfaz MPI y la pantalla táctil modelo *270 10” Touch*. El *driver* de comunicación es el componente de *software* que establece el enlace entre el sistema de automatización y el panel de operador. Gracias al *driver* de comunicación, las variables de *WinCC flexible* se abastecen con valores de proceso. En *WinCC flexible* se dispone de diversos *drivers* de comunicación para conectar distintos sistemas de automatización.

Dependiendo de los interlocutores utilizados, es posible seleccionar la interfaz a utilizar, así como el perfil y la velocidad de transferencia.

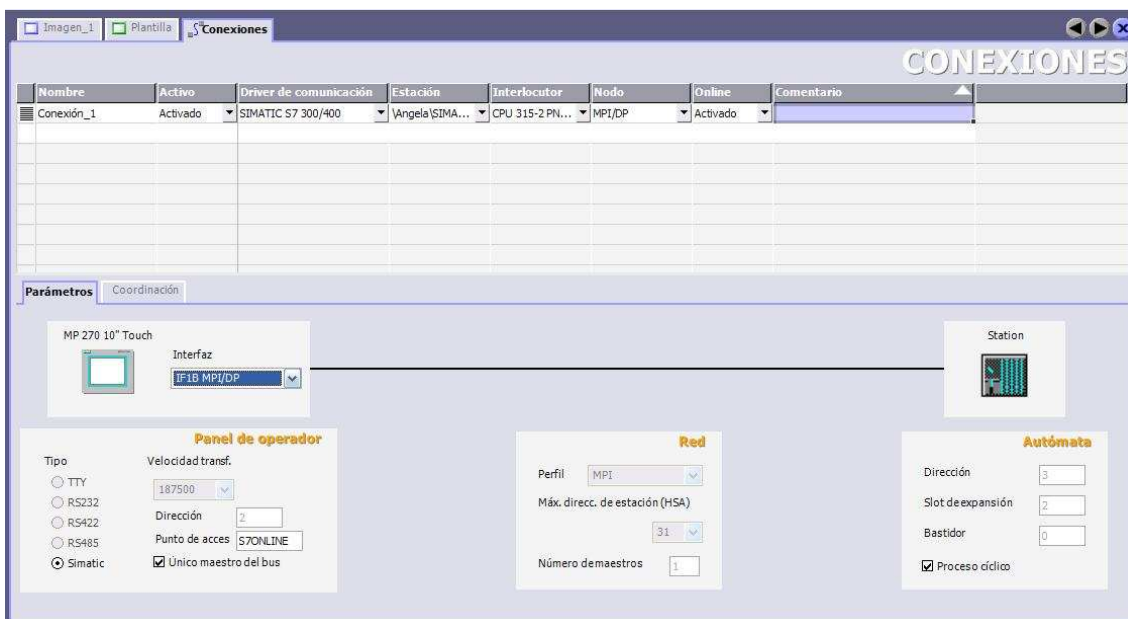


Figura 49. Conexiones que compone el autómatas.

🚧 Variables:

Las variables se gestionan, de forma centralizada, en el editor "Variables" de *WinCC flexible*. Hay variables externas e internas. Para la comunicación se utilizan las variables externas. Una variable externa es la imagen de una posición de memoria definida en el autómeta. Es posible acceder con derechos de lectura y escritura a esta posición de memoria tanto desde el panel de operador como desde el autómeta. Los accesos de lectura y escritura pueden efectuarse de forma cíclica o controlada por eventos. El panel de operador lee y muestra el valor de la dirección indicada. El operador también puede introducir un valor en el panel. Este valor se escribe luego en la dirección en el autómeta.

5.2 Solución de la automatización.

La creación del programa automático de Mantenimiento para el horno industrial, provoca que se automatice en dos áreas distintas el programa. Por un lado se encuentra el "Sistema de Control del Horno" y, por otro la "Pantalla táctil". Ha sido necesario dividirlo para establecer variables para la programación del horno y posteriormente trasladar estas variables al programa de la pantalla.

Por lo tanto, para que el usuario tenga pleno poder en el funcionamiento del horno y vea el estado de los componentes en la pantalla, se implementa todo el programa mediante la interfaz entre el usuario y el autómeta con el sistema HMI. Como se observa en el diagrama de flujo de la *Figura 50*, el sistema va representando en las pantallas lo que el usuario puede elegir, y se ven claramente diferenciadas las dos áreas.

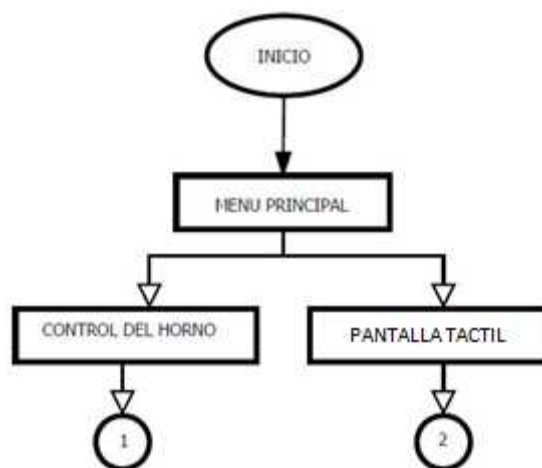


Figura 50. Diagrama de flujo del sistema [parte inicial].

Para explicar la solución elegida, es preciso explicar la automatización del proceso de funcionamiento del horno industrial, tal y como se detalla a continuación. Posteriormente se



describirá la automatización del sistema de interfaz, la pantalla táctil. De este modo se convierte en un sistema flexible y autónomo, ya que se trata de obtener un programa que permita realizar su propio Mantenimiento en función de cómo trabaje la máquina.

La solución elegida, ha sido programada mediante el lenguaje Ladder o lenguaje de contactos (KOP), ya que es un entorno de trabajo con autómatas programables (PLC) muy popular debido a que está basado en sistemas eléctricos.

La descripción del proceso que se detalla a continuación esta dividida como se ha comentado anteriormente en dos grandes áreas. La primera es “Sistema de Control del Horno” y la segunda la “pantalla táctil”.

En la primera área se especifica el código necesario para la implementación del funcionamiento del horno en el autómata. Para facilitar la comprensión del programa las variables se crean mediante una programación simbólica, es decir las variables estarán representadas con su descripción.

En el área dos, se muestra la programación y creación de las diferentes pantallas por las que el usuario puede navegar.

❖ 1º Área: “Sistema de Control del Horno”.

En este apartado se va a establecer el Sistema de Control del Horno que integra el mando y la supervisión. Por tanto, lo primero a tratar es el programa que se ha creado para el mando del funcionamiento el horno industrial, mediante el programa *Step 7*. Como el sistema disponible, es un sistema simulado tiene varias peculiaridades. Al no tratarse de un sistema real, no se dispone de señales de entrada aportadas por los sensores, por ello, la programación es algo diferente. La programación emula el funcionamiento real y permite demostrar la validez del programa implementado para un entorno real. Mediante el simulador *s7-PCSIM*, se introducen las señales de entrada, como pulsadores, señales de sensores, etc. para representar en el ordenador el funcionamiento del horno.

Como se ha hecho referencia anteriormente se realiza la implantación del código mediante programación simbólica para facilitar la comprensión de la utilización de cada variable. Estas variables quedan reflejadas en la siguiente *Tabla 5*.



- TABLA DE VARIABLES:

Símbolo	Dirección	Tipo de datos	Comentario
Ma	A 1.0	BOOL	Motor principal
Mb	A 1.1	BOOL	Motor centraje
Led Star	A 1.2	BOOL	Led de Marcha
Led Stop	A 1.3	BOOL	Led de Parada
Led Emergencia	A 1.4	BOOL	Led de Emergencia
Led Reset	A 1.5	BOOL	Led de Reset
Led Start Quemadores	A 1.6	BOOL	
Led Stop Quemadores	A 1.7	BOOL	
Led Start Ma	A 2.0	BOOL	Led Start Motor principal
Led Stop Ma	A 2.1	BOOL	Led Stop Motor principal
Led Fallo Ma	A 2.2	BOOL	Led Fallo Motor principal
Led Fallo Detectores Izq	A 2.3	BOOL	
Led Fallo Detectores Dch	A 2.4	BOOL	
Led Fallo Detec Centraje	A 2.5	BOOL	
Bloque de Datos	DB 3	DB 3	Es un área de datos para almacenar los datos del
Start	E 1.0	BOOL	Botón de Marcha (NA)
Stop	E 1.1	BOOL	Botón de Paro (NC)
Emergencia	E 1.2	BOOL	Botón de Emergencia (NC)
Reset	E 1.3	BOOL	Botón de Reset (NA)
PpF	E 1.4	BOOL	Pulsador de Provocar fallos (NA)
1I	E 1.5	BOOL	1º Sensor desvío izq (NC)
2I	E 1.6	BOOL	2º Sensor desvío izq (NC)
3I	E 1.7	BOOL	3º Sensor desvío izq (NC)
1D	E 2.0	BOOL	1º Sensor desvío dcha (NC)
2D	E 2.1	BOOL	2º Sensor desvío dcha (NC)
3D	E 2.2	BOOL	3º Sensor desvío dcha (NC)
A	E 2.3	BOOL	Sensor centraje A (NA)
0	E 2.4	BOOL	Sensor centraje 0 (NA)
B	E 2.5	BOOL	Sensor centraje B (NA)
G	E 2.6	BOOL	Detector de giro (NC)
Start Quemadores	E 2.7	BOOL	
Stop Quemadores	E 3.0	BOOL	
InicTemp	E 3.1	BOOL	Inicializar el contador de quemadores
Función FALLOS	FC 1	FC 1	
QUEMADORES	FC 2	FC 2	
Función MARCHA	FC 3	FC 3	
Funcionamiento Normal	FC 4	FC 4	
ACK	M 0.0	BOOL	Confirmación de motor principal en marcha
MFD1	M 0.1	BOOL	Fallo en los detectores de desvío Izq
MFD2	M 0.2	BOOL	Fallo en los detectores de desvío dcha
MFD3	M 0.4	BOOL	Fallo en los detectores de centraje
MFE1	M 0.5	BOOL	Error en los detectores de desvío izq
MFE2	M 0.6	BOOL	Error en los detectores de desvío dcha
MFE3	M 0.7	BOOL	Error en los detectores de centraje
MFA1	M 1.0	BOOL	Alarma desvío izq
MFA2	M 1.1	BOOL	Alarma desvío dcha
MFA3	M 1.2	BOOL	Alarma centraje
MG	M 1.4	BOOL	Fallos del detector de giro del Motor principal

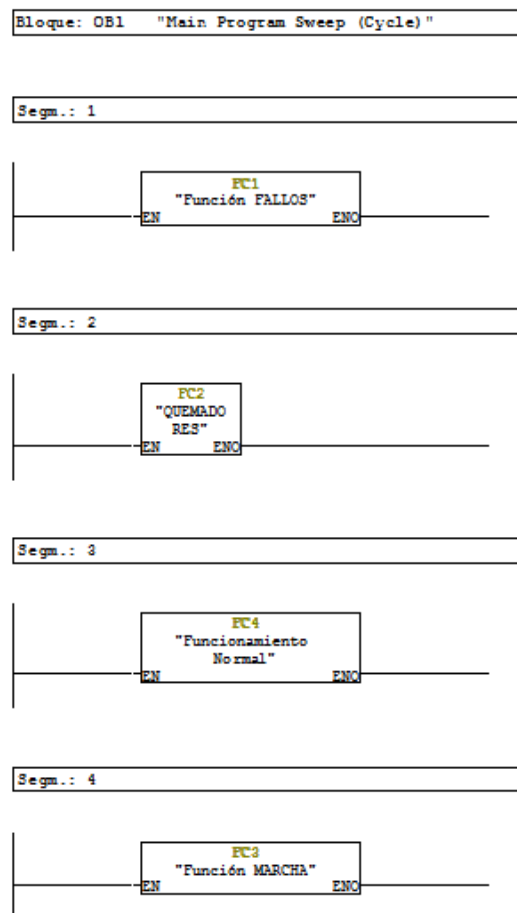
Tabla 5. Tabla de variables que forman parte del proceso de funcionamiento del horno industrial.


Haciendo referencia a lo comentado en el apartado anterior se muestra el Bloque de Organización, OB1. El OB1 se considera el programa principal o “Main Program Sweep (cycle)” ya que una vez que este activo se ejecuta todos los comandos programados.

Una vez explicado la ejecución del programa, se procede a sintetizar la estructura y desarrollo de todo el programa:

-  “Main Program Sweep (cycle)”.

Desde este programa se salta a todas las funciones programas en función de su prioridad.



-  FC1 “Función Fallos”

A continuación esta la función, FC1, está subordinada al bloque de organización. Para que pueda ser procesada por la CPU, se realiza la llamada desde el OB1. Los parámetros también se incluyen en la tabla de variables.

Esta función está programada para que vaya evaluando si existe algún error, en función de la importancia.



Primero evalúa si existe algún error en el Motor Principal, el error que puede existir es que el Motor este arrancado ya que la señal "Ma" esta activa pero el detector de giro no, ya que la señal "G" esta desactivada. Entonces se activa la señal "Mg" programada para avisar de alarma en el Motor principal, y a las acciones de precaución ante este fallos son:

- Parar Motor Principal-> Encender LED de Stop -> Parar Quemadores -> LED de Stop Quemadores -> LED Baliza de Emergencia.

Si todo esta correcto lo que a continuación se evalúa fallos en los Detectores de Desvío tanto para la izquierda como para la derecha.

Los fallos que pueden existir son que lea incorrectamente ya que la lectura de los detectores no sea correcta, por lo tanto se activará una señal de aviso de Alarma en los Detectores. Pero si no existe fallo pero los detectores más alejados o los tres a la vez se activan entonces activar una señal de Error en los detectores, señal que es más prioritaria ya que significa que la cinta está demasiado salida de su posición correcta. Las acciones a realizar en ambos casos está representada en el *workflow* (diagrama de flujo) de a continuación.

La última acción es evaluar los sensores del motor de centraje si existe una lectura errónea se activa la señal de alarma pero si existe el caso de los dos sensores más alejados estén activados a la vez se activa la señal prioritaria de Error en los detectores.

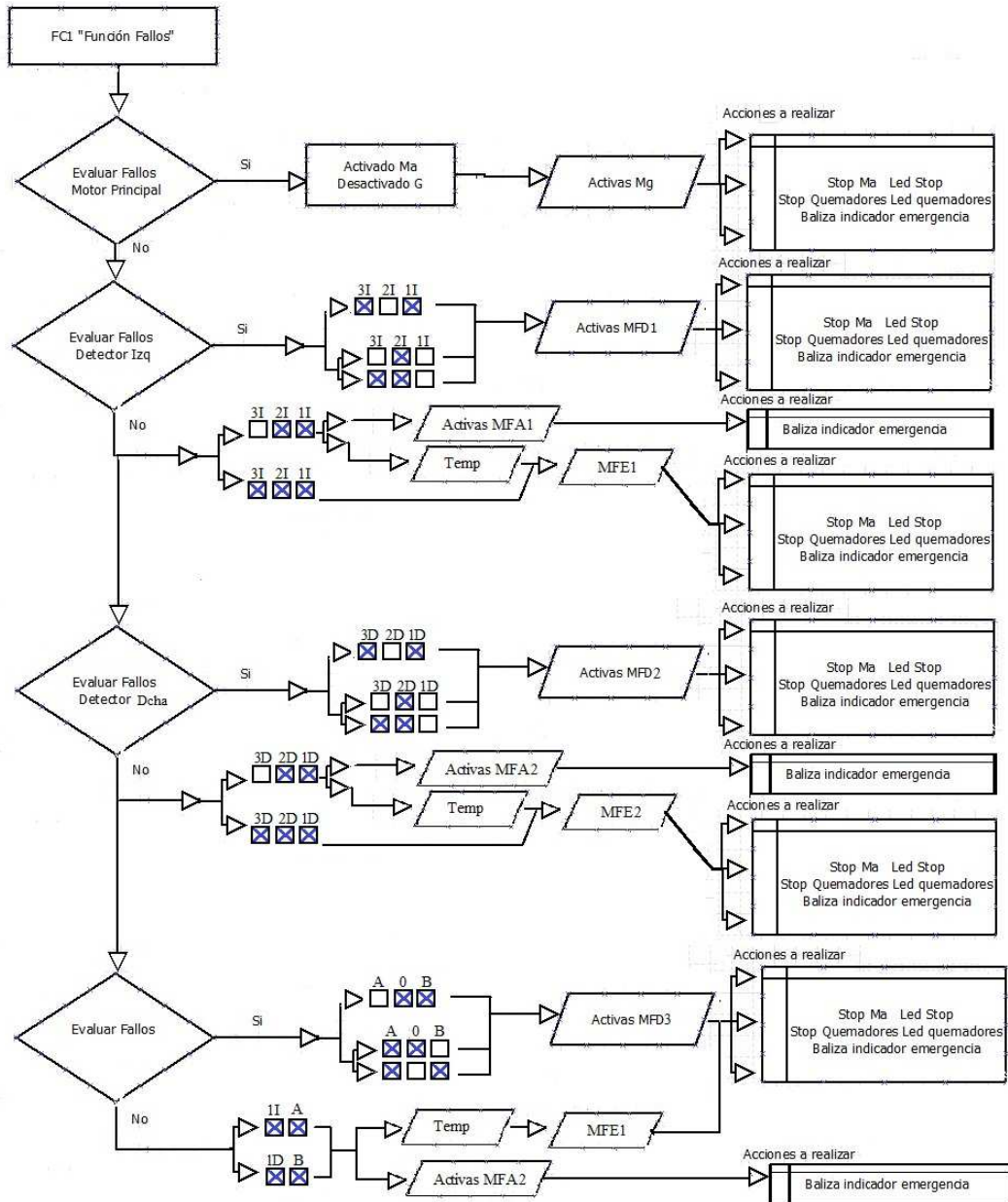



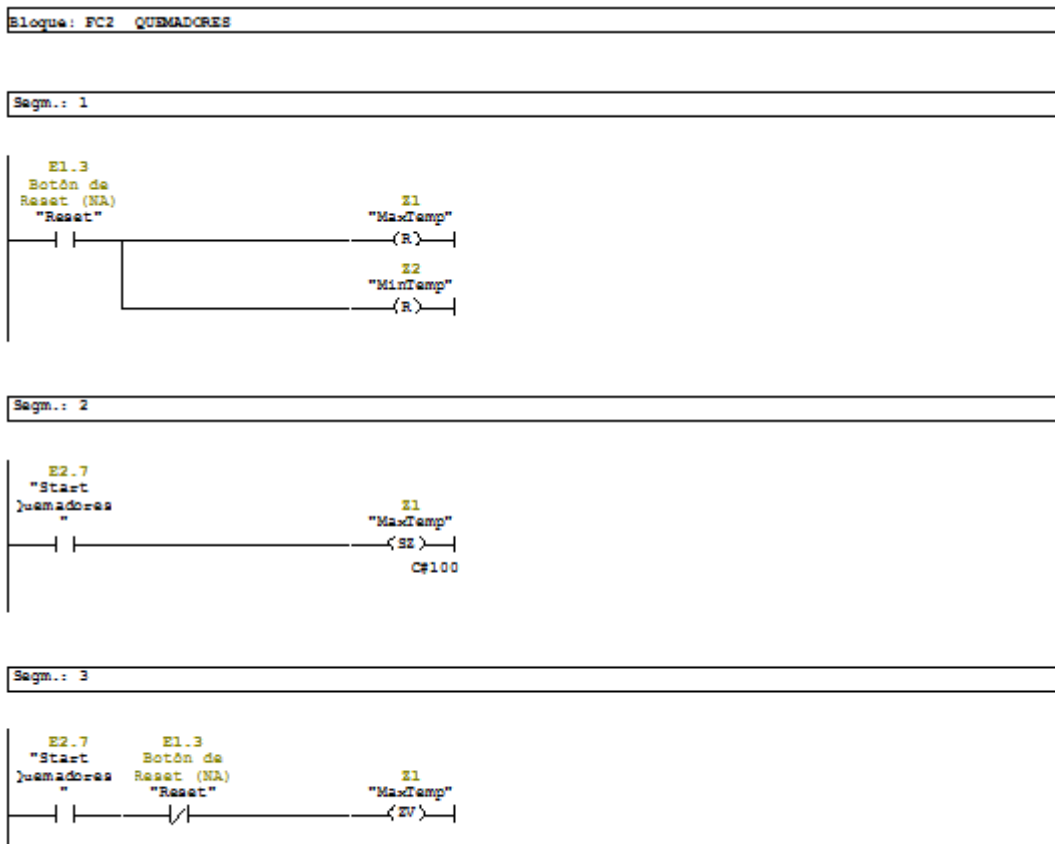
Figura 51. Workflow o diagrama de flujo de FC1 "Función fallos".

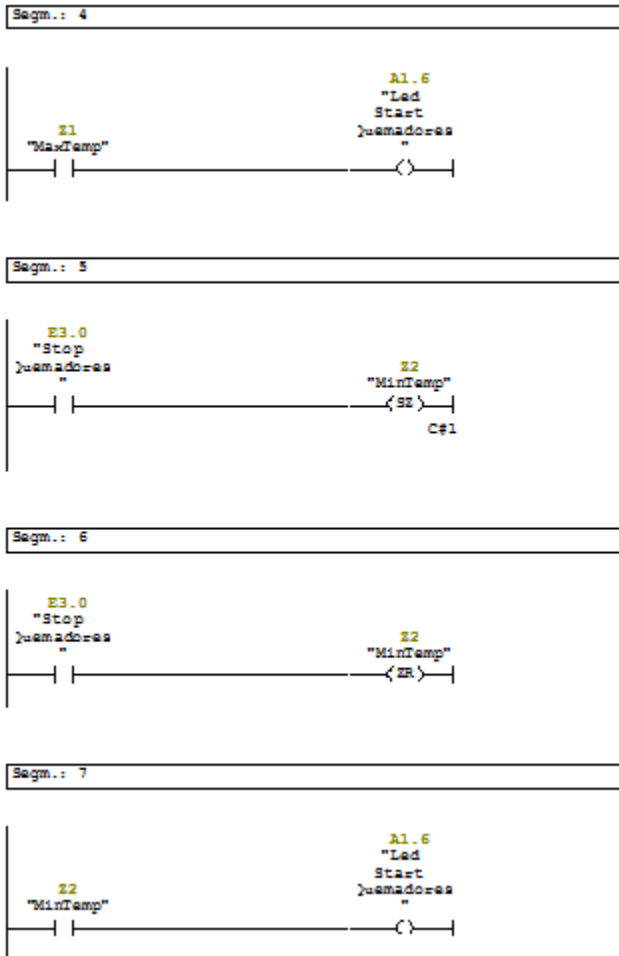
Al terminar la función retorna al programa principal devolviendo el valor de las variables, si en algún momento alguna de ellas cambia de valor volvería a ser leídas, y el cambio sería instantáneo



-  "Función Quemadores".

La consideración de esta función es muy importante, ya que existe gran riesgo de incendio porque la galleta es muy inflamable, y por ello, habrá que tomar todas las precauciones posibles para evitarlo. El programa es sencillo, por ello se ha incluido a continuación el código completo. El funcionamiento de los quemadores es continuamente modulable, como se ha explicado anteriormente. Para tener la temperatura controlada dentro las tolerancias marcadas por las variables, se realiza una lectura continua de la temperatura de manera que no se superen los límites de temperaturas máxima y mínima.

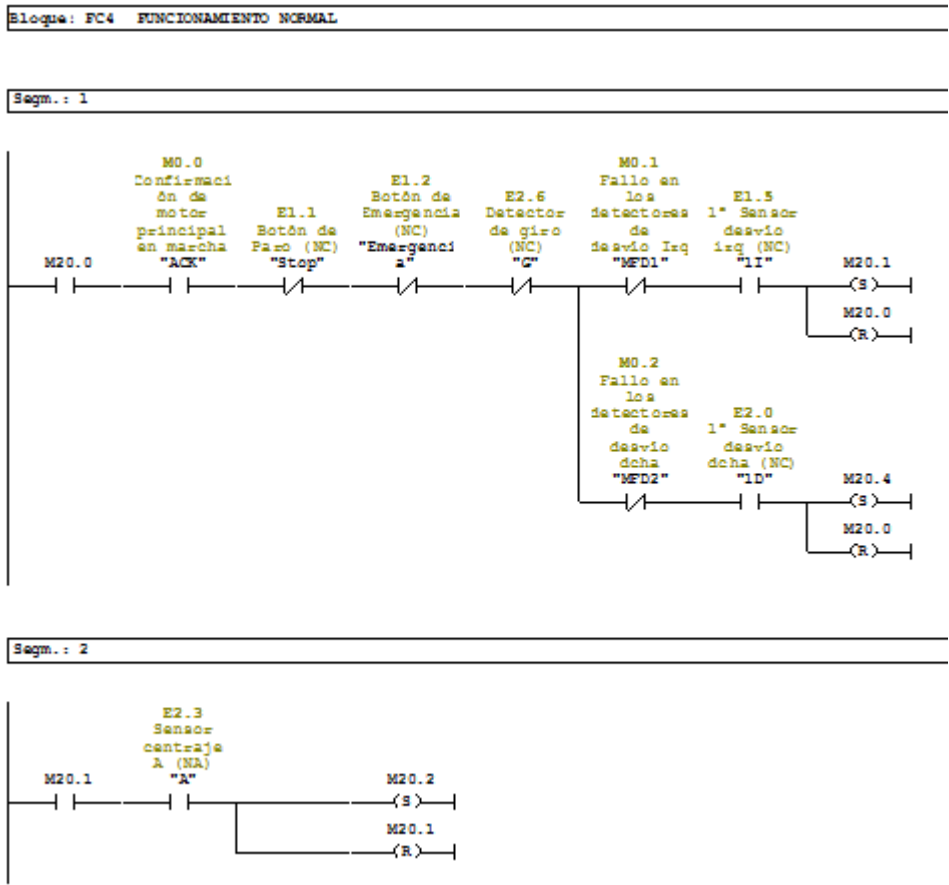






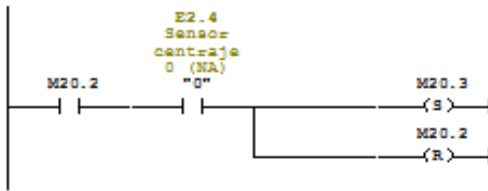
-  "Función Funcionamiento Normal".

A continuación se muestra el código de la función funcionamiento normal que consiste en una serie de códigos que se pueden observar a continuación que sirven para controlar el arranque del motor principal en condiciones de seguridad, evaluando que todas las señales de alarma y de error estén desactivadas. Una vez realiza este proceso devuelve una señal que es la ACK que es la confirmación del motor principal en marcha. A posteriori y cíclicamente durante todo el funcionamiento del programa, se evalúa el estado de los valores de los sensores de centraje y el estado de la cinta y si se produjese algún problema, el programa utilizara la función necesaria para corregirlo.

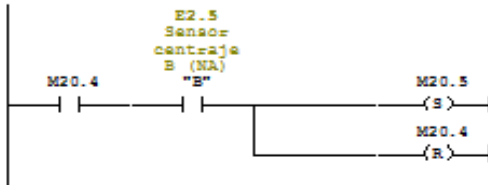




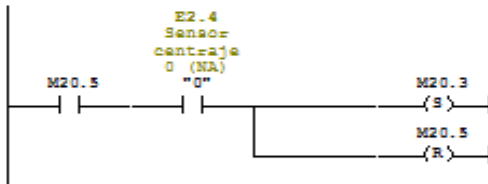
Segm.: 3



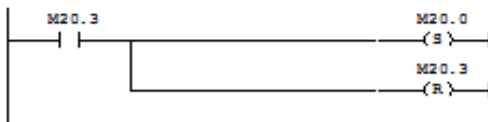
Segm.: 4



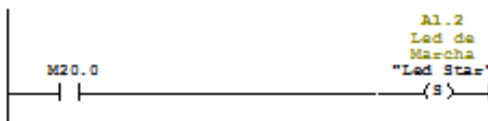
Segm.: 5



Segm.: 6



Segm.: 7 SALIDAS



Segm.: 8 Motor centraxe



Segm.: 9 Motor centraxe



-  "Función Marcha".

El FC3 es la función puesta en marcha, esta función se encarga de controlar el correcto funcionamiento del motor principal. Se realiza a través de dos secciones fundamentales, la de arrancar y la de simulación que se exponen a continuación.

Sección A: ARRANCAR

Para arrancar o iniciar el motor principal "Ma" es necesario pulsar el botón "Start" de la pantalla. En la pantalla también aparecen el botón Stop que sirve para apagar el motor de forma habitual y la seta de emergencia que sirve para parar el motor en el caso de producirse alguna incidencia. Cuando se activa la señal del motor arrancado, se espera dos segundos y a continuación activa la señal de confirmación, el "ACK".

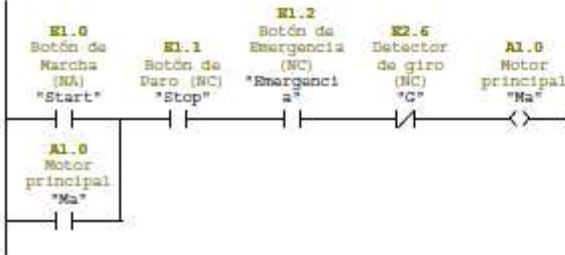
Sección B: SIMULACIÓN

Para mayor seguridad del equipo, se simulan los diferentes fallos que se puedan producir y se crea una programación especial para cubrir las necesidades que surjan. Se regula a través del "PpF" (Pulsador de Provocar Fallos) que tras pulsarlo simula el fallo en el equipo.

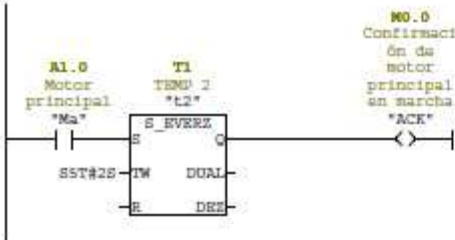
Otro aspecto que hay que crear en la simulación, es el tren de señal del detector de giro, G. Mediante el temporizador t2 y t3, se obtiene la señal necesaria para el detector de giro.



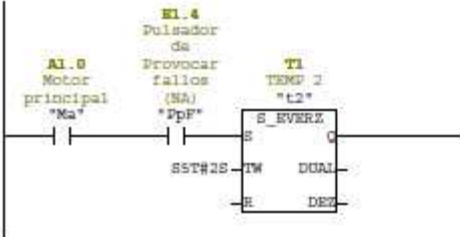
Segm.: 1 Motor principal
 Sección A.- Arrancar el motor principal, si todo esta correcto.



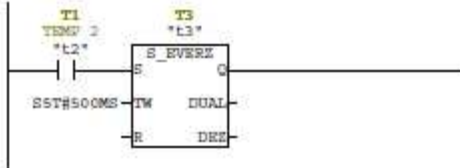
Segm.: 2 Enviar confirmación
 continuación Sección A.-



Segm.: 3 SIMULACIÓN
 Sección B.-



Segm.: 4
 continuación sección B.-



Segm.: 5
 continuación sección B.-

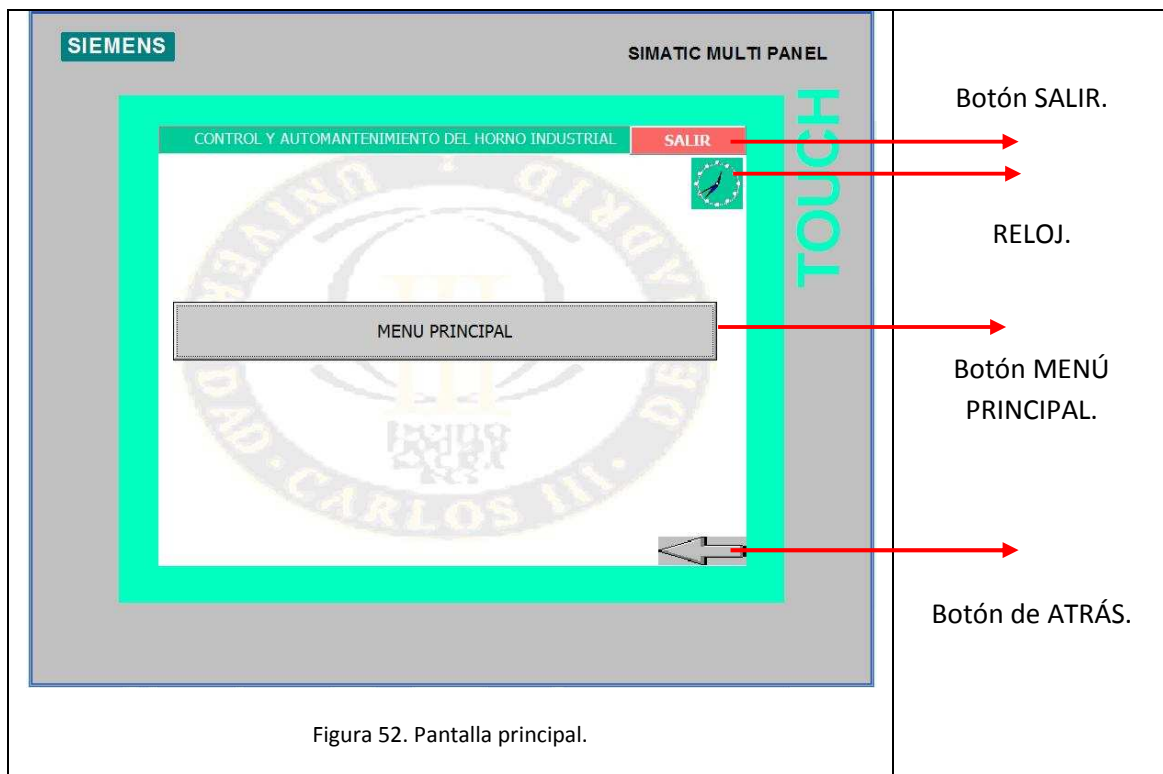


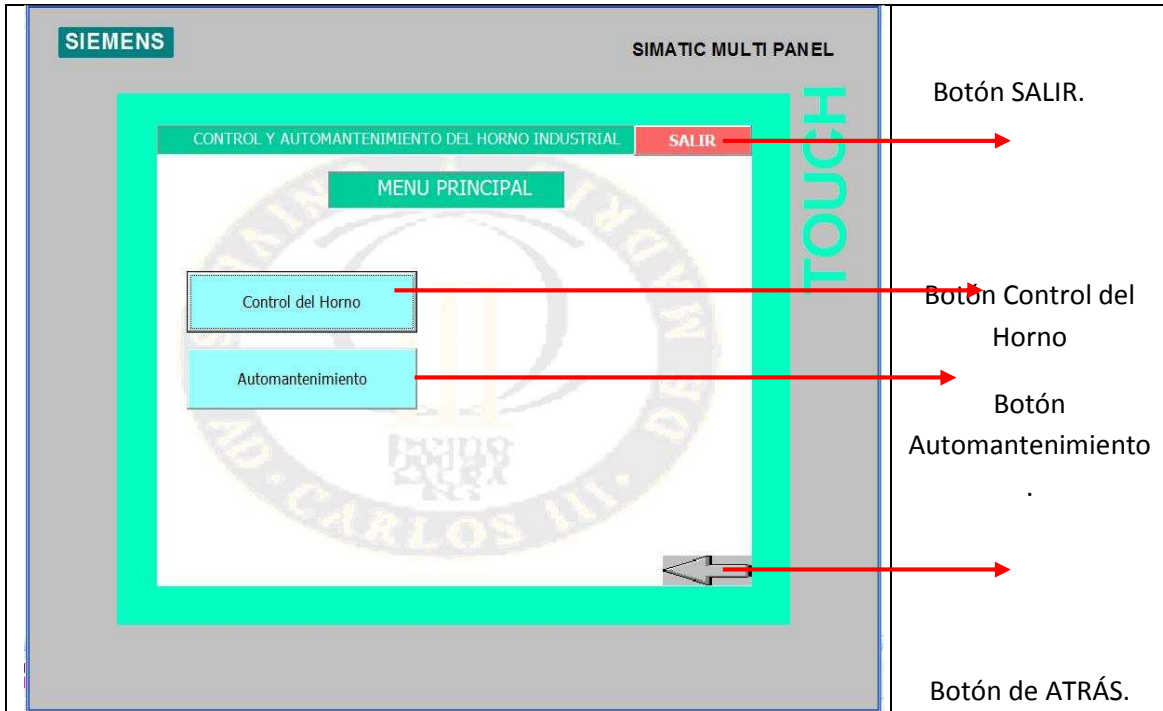
❖ **2º Área: “pantalla táctil”, a través de WinCC flexible 2008.**

A través del software *WinCC flexible*, se programan las pantallas que se muestran en panel del operador. De este modo, lo primero que se muestra es, una pantalla de Bienvenida, donde se puede pulsar para ver las opciones. Además, en esa pantalla se puede salir del programa o ir hacia atrás (opción disponible siempre en todas las pantallas) *Figura 52*.

Si el usuario pincha sobre el Botón Menú Principal aparece la segunda pantalla, *Figura 53*. En ella, si se elige la primera opción, se accede a una pantalla que muestra una representación sencilla del Proceso de Funcionamiento del horno industrial. Si el usuario elige la segunda opción, el programa le reencamina hacia la aplicación *Siemens Step 7*, en la cual modificaría si tiene el nivel de responsabilidad necesario puede modificar magnitudes.

La tercera pantalla *Figura 54* representa un esquema sencillo del Horno Industrial, en el se incluyen los parámetros representativos de los componentes. Entre ellos, información sobre la baliza, los quemadores, el detector de giro del motor, el motor principal, el motor centraje, los sensores o detectores de centraje y desvío y los botones de arranque y paro.





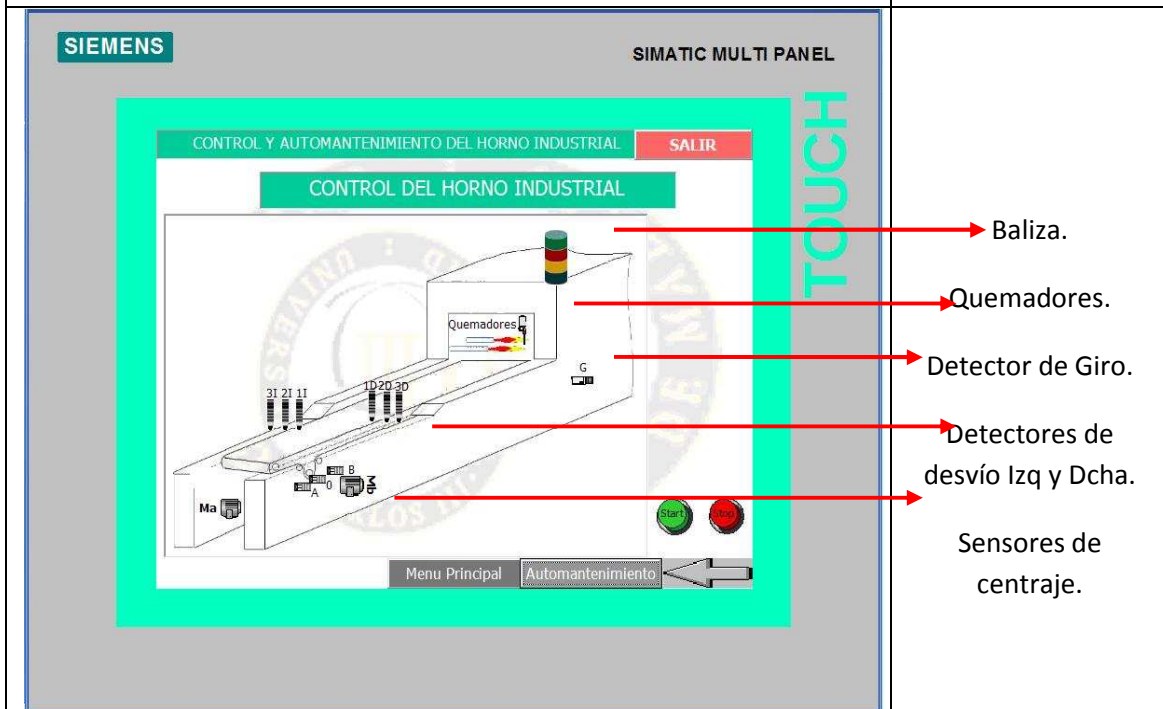
Botón SALIR.

Botón Control del Horno

Botón Automantenimiento

Botón de ATRÁS.

Figura 53. Segunda pantalla.



Baliza.

Quemadores.

Detector de Giro.

Detectores de desvío Izq y Dcha.

Sensores de centraje.

Figura 54. Tercera pantalla.

Haciendo referencia a la tercera pantalla, se van a explicar detalladamente los diferentes elementos que aparecen en ella y su funcionamiento. El primer elemento que aparece es la baliza, consta de 4 LED de diferentes colores que están programados para indicarnos los

diferentes estados del equipo completo. El verde indica que el equipo está en marcha, si está encendida la roja el quipo tiene alguna emergencia, si se encuentra el LED amarillo encendido el equipo se encuentra en parada, y si esta encendido el azul está en función reset. Las diferentes posiciones se observan en la *Figura 55*. Si no hay ninguno encendido significa que el equipo no está encendido.

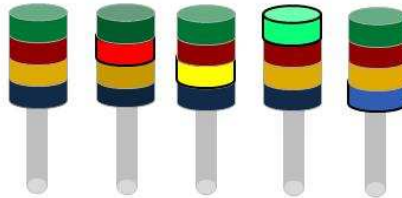


Figura 55. Representación gráfica de los diferentes estados en los que se puede encontrar la baliza.

Los detectores de centrado están programados para que el LED asignado marque si están operativos o no, como en la *Figura 56*. El verde indica que esta operativo y el rojo indican no operativo.

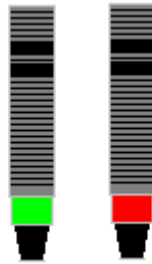


Figura 56. Representación gráfica de los sensores con diferentes estados en los que se puede encontrar.

Además en el esquema programado se representa los Motores Principal que también cuenta con 3 indicadores LED, rojo para indicar fallo del “Ma”, amarillo parada del “Ma” y verde correcto funcionamiento del “Ma”.

Aparecen también el motor de centrado y los quemadores, descritos con anterioridad en otros apartados del proyecto. También aparecen los botones de Stop y Arranque, rojo y verde respectivamente.



CAPITULO 6. –

CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.

6. Conclusiones y líneas futuras.

Para analizar el proyecto del “Estudio de la incorporación del Automantenimiento en Equipos industriales” se sigue un proceso en el que se encuentra y resuelven los hitos que hay en el camino para la solución del objetivo principal, explicado al principio del proyecto.

Otra serie de objetivos se irán resolviendo a medida que pase el tiempo e incluso serán resueltos por otros compañeros de la UC3M que se les brinde la oportunidad de realizar la beca para *Nutrexpa*.

Durante la realización de este proyecto se han alcanzado las siguientes conclusiones:

- Se ha implantado una nueva visión del campo del Mantenimiento. Y una vez involucrado el personal se ha conseguido incorporar en la planificación anual, tiempo para Preventivo y Predictivo.
- Se ha creado un software específico para almacenar los históricos de Correctivo, e incluso se ha creado un fichero donde se puede realizar un seguimiento de las averías reparadas.
- Se ha implementado un fichero en soporte Excel, donde se ha programado el planning anual del Mantenimiento Preventivo. Creando un fichero visual y claro para el día a día en la fábrica.
- En mismo fichero se ha diseñado un soporte en Excel para almacenar los parámetros medibles y evaluarlos mediante gráficos.
- Se ha diseñado el programa del Funcionamiento del Horno Industrial, mediante software *Simatic Step 7*. Evaluando la multitud de señales de alarma y error cíclicamente, así se ha priorizado por la seguridad del equipo.
- Se ha programado todo un diseño gráfico y funcional en el panel del operador. Implementando mediante software *WinCCflexible 2008* en una pantalla táctil. Para que el usuario disponga de una representación sencilla del horno industrial.

Se ha adquirido conocimientos para crear el proyecto que se necesitaba en la fábrica, aunque la inercia del trabajo en una fábrica de producción continua ha sido extenuante y por ello se debe seguir ampliando la programación y implantar la metodología creada para el PMP en un sistema informático en el equipo, o bien programado a través de un autómatas o implantando una base de datos dinámica en el equipo para que la máquina trabaje en función de las tareas determinadas y no determinadas que se requieran hacer en ella.

Se ha implantado una nueva metodología, incentivando los nuevos sistemas de Mantenimiento que han ayudado a la fábrica a mejorar sus aspectos económicos bastante diezmados antes de la incorporación a la beca.



PRESUPUESTO.

PRESUPUESTO.

El presente presupuesto hace referencia al proyecto de “Estudio de la incorporación del Automantenimiento en Equipos Industriales”, de completarse la materialización de este proyecto se necesitaría los materiales especificados a continuación y un ingeniero con destreza en la programación de autómatas Siemens mediante el software Simatic Step 7 y WinCCflexible 2008. Por lo tanto el presupuesto se divide en costes de personal y de material que se desglosan a continuación.

Costes de Personal:

La determinación del coste/hora se evalúa por parte del técnico programador. Teniendo en cuenta que la estructura del conjunto está compuesta por dos áreas programadas cada una de ellas en un software distintos.

- Programación del funcionamiento del Horno Industrial, mediante software Simatic Step 7.
- Diseño y programación de el panel operador, mediante WinCC flexible 2008.

Se calcula que el tiempo empleado en cada una de las áreas reseñada anteriormente es:

- Tiempo en la programación mediante Simatic Step 7: 45 horas.
- Tiempo empleado en la programación mediante WinCC flexible 2008: 20 horas.

Cálculo de del coste/hora del personal:

Tiempo empleado en:	Tiempo (horas)	Coste (euros)
Programación Simatic	45	1500
Programación WinCC	20	1000
Total		2500€



Costes de Material:

A continuación se detalla el material necesario para llevar a cabo el proyecto, se realiza una medición de las unidades de cada elemento y el precio unitario que cuesta.

CODIGO	UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1					
1.1		ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN			
	ud.	Autómata modular s7-300 SIEMENS: compuesto por: - 1 Procesador M1 con memoria 128kb. - Conexión MPI/DP y PROFIBUS. - Protocolo de transporte TCP/IP. - 1 Módulo de salidas digitales DO8Xdc24Vx2A, en grupos de 4. - 1 Fuente de alimentación PS 307 24Vcc/5A. - Firmware V2.3. - Material auxiliar de protección, conexión y cableado. Totalmente instalado y cableado	1,00	2.768,71	2.768,71
	ud.	Pantalla 270 10" Multi panel Touch: Suministro, instalación y montaje de la pantalla, en formato de 10" a instalar en armario existente, con los elementos hardware y software necesarios para el correcto funcionamiento. Totalmente instalado.	1	8.156,19	8.156,19
	ud.	Seccionador Sirco 158_b_1_cat. Suministro e instalación del seccionador de corriente de 200 A de tres polos. Ref: 2698 3020.	1	43,27	43,27



CODIGO	UNIDAD	DESCRIPCION	MEDICION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
	ud.	Interruptor automático o disyuntor. Suministro e instalación de interruptor automático de Scheider electric, modelo Multi 9 C120N, ref:18347.	3	36,89	110,67
	ud.	Contactores. Suministro e instalación de contactores de Telemecanique o Scheider electric modelo LC1D093B7.	3,00	17,42	52,26
	ud.	Sensores inductivos. Suministro e instalación de sensores o detectores inductivos de proximidad de SIMATIC PXI400 modelo M30, ref: 3RG4314.	3,00	222,42	1334,52
	ud.	Contador. Suministro e instalación de contadores Omron modelo H7EC-NV-B.	1	69,89	69,89
	ud.	Pulsadores. Suministro e instalación de pulsadores de Scheider electric.	4,00	47,66	190,64
	ud.	Baliza. Suministro e instalación de baliza de Scheider electric modelo XVM.	1	560	560
Total: 11951,63€					

**El presupuesto total de este proyecto asciende a la cantidad de
CATORCE MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y UNO COMA
SESENTA Y TRES EUROS.**

Leganés a 5 de Julio de 2012.

El ingeniero proyectista

Fdo. Ángela Torres González.



BIBLIOGRAFÍA.



BIBLIOGRAFÍA:

Libros:

- [1] Miguel Ángel Avilés Sastre: “Gestión del Mantenimiento a través de los Servicios Técnicos” (Obra Completa: Cuadernos AEM de Mantenimiento, Edita: PUNTEX, Año: ABRIL-2010, Volumen 6,).
- [2] D. Francisco Javier González Fernández: “Auditoría del Mantenimiento e Indicadores de Gestión” (Editorial: FC EDITORIAL, Año: 2004).
- [3] Fermín Barrero González: “Sistemas de energía eléctrica”. (Editorial Thomson, Año: 2004).
- [4] Agustí Tresserra Amigó: “Hablando de... ¿mantenimiento?”.(Edita: PUNTEX, Año: Octubre-2009).

Revistas:

- [5] Asociación Española de Mantenimiento: “El Mantenimiento en España, Encuesta sobre la evolución y situación del Mantenimiento en España” (Edita: Asociación Española de Mantenimiento, Año: 2010).
- [6] FJ. González: “Mejora de la eficiencia en Mantenimiento mediante la gestión de Indicadores en una época de crisis” (Publicación Enero-febrero 2010).
- [7] Revista de AEM Núm. 233: “Mantenimiento Ingeniería Industrial y de edificios”. (Publicación: abril 2010).

Manuales:

- [8] SIEMENS SIMATIC STEP 7: “Introducción y ejercicios prácticos. Getting Started”. (Este manual forma parte del paquete de documentación con la Ref.: 6ES7810-4CA08-8DW0, Edición: 03/2006).
- [9] SIEMENS SIMATIC STEP 7: “Programar con STEP 7. Manual”. (Este manual forma parte del paquete de documentación con la Ref.: 6ES7810-4CA08-8DW0, Edición: 03/2006).
- [10] SIEMENS SIMATIC HMI: “WinCC flexible 2008. Introducción a WinCC flexible. Manual del Sistema”. (Edición: 06/2008).
- [11] SKF: “Manual SKF de mantenimiento de rodamientos”. (Publicación 1996).

Catálogos:

- [12] SKF: “Catálogo 4007/I Sp SKF” (Año: 1997).



[13] TELEMECANIQUE Scheider Electric: “Catálogo de Constituyentes de Control industrial. Lista de precios” (Año: Enero/2012).

Norma:

[14] NORMA EUROPEA: “EN 13306, Terminología del mantenimiento”. (Publicada: Abril/2001, Versión español, Derechos reservados a los miembros del CEN).

Páginas o documentos electrónicos en la red:

[15] Ingenio Colombiano:

http://www.virtualplant.net/vptd/includes/proceso.php?id_proceso=P-10, accedido el 12 de septiembre del 2011.

[16] Baker Perkins: <http://www.bakerperkinsgroup-es.com/product/373/273/gama-de-hornos.html>, accedido el 21 de marzo del 2012 (Año: 2012).

[17] DirectIndustry, es un expositor virtual:

<http://www.directindustry.es/prod/omron/contadores-totalizadores-15954-543625.html>, accedido el 21 de marzo del 2012.

[18] Omron:

http://industrial.omron.es/es/products/catalogue/control_components/counters/totalisers/default.html, accedido el 21 de marzo del 2012.



Anexos:

ANEXO A.

Seccionador:

➔ SIRCO - Referencias



Mando para accionamiento frontal
3 y 4 polos

Calibre (A)	Nº polos	Aparato sin mando	Mando directo	Mando exterior	Eje prolongado	Contacto auxiliar	Cubrebornes	Pantalla de protección de las pletinas				
125 A	3 P	2600 3014 ⁽¹⁾	Negro 2699 5042 ⁽²⁾ Rojo 2699 5043			1º contacto AC 2699 0031 2º contacto AC 2699 0032	3 P 2694 3014 ⁽³⁾ 4 P	3 P 2698 3012 ⁽³⁾ 4 P				
	4 P	2600 4014 ⁽¹⁾							2694 4014 ⁽³⁾	2698 4012 ⁽³⁾		
160 A	3 P	2600 3017 ⁽¹⁾									3 P 2694 3021 ⁽³⁾ 4 P	3 P 2698 3020 ⁽³⁾ 4 P
	4 P	2600 4017 ⁽¹⁾										
200 A	3 P	2600 3021		Tipo S2 Negro IP55	200 mm						3 P 2694 3021 ⁽³⁾ 4 P	3 P 2698 3020 ⁽³⁾ 4 P
	4 P	2600 4021										
250 A	3 P	2600 3026 ⁽¹⁾						Tipo S2 Negro IP65	1400 1020		3 P 2694 3051 ⁽³⁾ 4 P	3 P 2698 3050 ⁽³⁾ 4 P
	4 P	2600 4026 ⁽¹⁾										
315 A	3 P	2600 3032	Negro 2699 5052 ⁽²⁾ Rojo 2699 5053	Tipo S2 Rojo IP65	1400 1032 ⁽²⁾						3 P 2694 3051 ⁽³⁾ 4 P	3 P 2698 3050 ⁽³⁾ 4 P
	4 P	2600 4032										
400 A	3 P	2600 3041 ⁽¹⁾						1423 2111	500 mm		3 P 2694 3051 ⁽³⁾ 4 P	3 P 2698 3050 ⁽³⁾ 4 P
	4 P	2600 4041 ⁽¹⁾										
500 A	3 P	2600 3051 ⁽¹⁾		1424 2111	1400 1050						3 P 2694 3051 ⁽³⁾ 4 P	3 P 2698 3050 ⁽³⁾ 4 P
	4 P	2600 4051 ⁽¹⁾										
630 A	3 P	2600 3064 ⁽¹⁾									3 P 2694 3051 ⁽³⁾ 4 P	3 P 2698 3050 ⁽³⁾ 4 P
	4 P	2600 4064 ⁽¹⁾										

(1) Aparato disponible en caja (ver páginas 417 "Cajas de corte local").
 (2) Estándar.
 (3) Superior / inferior.

ANEXO B.

Interrupor automático o Disyuntor:

Product data sheet
Characteristics

18347

disyuntor miniatura Multi 9 C120N 2 polos 125 A curva B



Principal

Aplicación	Distribución
Gama de producto	C120
Nombre de gama	C120N
Número de polos	2P
Número de polos protegidos	1
Posición de polo de neutro	Izquierda
Tipo de tensión	AC
Tipo de unidad de control	Magnetotérmico
Código de curva de disparo ins	B
Idoneidad para el seccionamiento	Sí de acuerdo con IEC 60947-2

Complementario

Calibre In	125 A (30 °C)
Frecuencia asignada de empleo	50/60 Hz
Tensión asignada de empleo	440 V AC 50/60 Hz
Límite de disparo magnético	3...5 x In
Poder de corte	Icu 20 kA en 130 V AC 50/60 Hz de acuerdo con IEC 60947-2 Icu 10 kA en 230...240 V AC 50/60 Hz de acuerdo con IEC 60947-2 Icu 6 kA en 400...415 V AC 50/60 Hz de acuerdo con IEC 60947-2
[Ics] poder de corte en servicio	Ics 4,5 kA 400...415 V AC 50/60 Hz de acuerdo con IEC 60947-2 Ics 7,5 kA 230...240 V AC 50/60 Hz de acuerdo con IEC 60947-2 Ics 15 kA 130 V AC 50/60 Hz de acuerdo con IEC 60947-2
Clase de limitación	3 de acuerdo con IEC 60947-2
Tensión asignada de aislamiento	500 V AC 50/60 Hz de acuerdo con IEC 60947-2
[Uimp] Tensión asignada soportada al impulso	6 kV de acuerdo con IEC 60947-2
Señalizaciones frontales	Indicación de corte positiva
Modo de montaje	Fijo
Soporte de montaje	Perfil DIN simétrico de 35 mm
Compatibilidad de juego de barras	Sí
Pasos de 9 mm	6
Alto	81 mm
Ancho	54 mm
Profundidad	73 mm
Peso	0,41 kg
Durabilidad mecánica	20000 cycles
Endurancia eléctrica	5000 cycles de acuerdo con IEC 60947-2
Conexiones - terminales	Bornes de caja 1,5...35 mm ² flexible Bornes de caja 1...50 mm ² rígido
Longitud de cable pelado	15 mm
Par de apriete	3,5 N.m

Entorno

Grado de protección IP	IP2 de acuerdo con IEC 60947-2
Grado de polución	III de acuerdo con IEC 60947-2
Altitud máxima de funcionamiento	2000 m

ANEXO C.

Contadores:

Product data sheet
Characteristics

LC1D093B7

contactor TeSys LC1-D - 3 polos - AC-3 440V
9 A - bobina 24 V CA



Principal

Rango de producto	TeSys d
Tipo de producto o componente	Conector
Modelo de dispositivo	LC1D
Aplicación de contactor	Carga resistiva Control del motor
Categoría de empleo	AC-1 AC-3
Tipo de circuito de control	CA
Tipo de bobina	Estándar
Número de polos	3P
Comp. contacto polo	3 NO
[Uc] control circuit voltage	24 V CA 50/60 Hz

Complementario

Tecnología de bobina	Sin supresor de diodo de limitación de pico bidireccional incorporado
Cubierta protectora	Con
Intensidad asignada de empleo (Ie)	9 A ($\leq 60^\circ\text{C}$) AC AC-3 para circuito de alimentación 16 A ($\leq 60^\circ\text{C}$) AC AC-1 para circuito de alimentación
Potencia del motor en kW	2,2 kW en 220...240 V AC 50/60 Hz 4 kW en 380...400 V AC 50/60 Hz 4 kW en 415 V AC 50/60 Hz 4 kW en 440 V AC 50/60 Hz 5,5 kW en 500 V AC 50/60 Hz 5,5 kW en 660...690 V AC 50/60 Hz
Potencia del motor en CV	0,5 hp en 115 V AC 60 Hz para 1P motores de acuerdo con UL 0,5 hp en 115 V AC 60 Hz para 1P motores de acuerdo con CSA 1 hp en 230/240 V AC 60 Hz para 1P motores de acuerdo con UL 1 hp en 230/240 V AC 60 Hz para 1P motores de acuerdo con CSA 2 hp en 230/240 V AC 60 Hz para 3P motores de acuerdo con CSA 2 hp en 230/240 V AC 60 Hz para 3P motores de acuerdo con UL 2 hp en 200/208 V AC 60 Hz para 3P motores de acuerdo con CSA 2 hp en 200/208 V AC 60 Hz para 3P motores de acuerdo con UL 5 hp en 460/480 V AC 60 Hz para 3P motores de acuerdo con CSA 5 hp en 460/480 V AC 60 Hz para 3P motores de acuerdo con UL 7,5 hp en 575/600 V AC 60 Hz para 3P motores de acuerdo con CSA 7,5 hp en 575/600 V AC 60 Hz para 3P motores de acuerdo con UL
Tipo de contactos auxiliares	Tipo contacto de espejo (1 NC) de acuerdo con IEC 60947-4-1 Tipo enlazado mecánicamente (1 NA + 1 NC) de acuerdo con IEC 60947-5-1
Composición contacto auxiliar	1 NA + 1 NC
Límites tensión del circuito de control	0.3...0.6 Uc en 60°C desconexión 50/60 Hz 0.8...1.1 Uc en 60°C operativa 50 Hz 0.85...1.1 Uc en 60°C operativa 60 Hz
Tensión asignada de aislamiento	600 V para circuito de alimentación certificaciones UL 600 V para circuito de alimentación certificaciones CSA 600 V para circuito de control certificaciones UL 600 V para circuito de control certificaciones CSA 690 V para circuito de alimentación de acuerdo con IEC 60947-1 690 V para circuito de control de acuerdo con IEC 60947-1
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	6 kV de acuerdo con IEC 60947
Categoría de sobretensión	III
Soporte de montaje	Perfil Placa
Retardancia al fuego	V1 de acuerdo con UL 94

Conexiones - terminales	Circuito de alimentación: terminal de resorte 1 cable 2,5 mm ² - rigidez del cable: flexible - sin extremo de cable Circuito de alimentación: terminal de resorte 2 cable 2,5 mm ² - rigidez del cable: flexible - sin extremo de cable Circuito de control: terminal de resorte 1 cable 2,5 mm ² - rigidez del cable: flexible - sin extremo de cable Circuito de control: terminal de resorte 2 cable 2,5 mm ² - rigidez del cable: flexible - sin extremo de cable
Tensión asignada de empleo	≤ 690 V AC 25...400 Hz para circuito de alimentación
[I _{th}] Intensidad térmica convencional	10 A en ≤ 60 °C para circuito de control 16 A en ≤ 60 °C para circuito de alimentación
Capacidad de conexión nominal	140 A AC para circuito de control de acuerdo con IEC 60947-5-1 250 A en 440 V para circuito de alimentación de acuerdo con IEC 60947
Capacidad corte nominal	250 A en 440 V para circuito de alimentación de acuerdo con IEC 60947
Capacidad de fusible asociado	10 A gG para circuito de control de acuerdo con IEC 60947-5-1 20 A gG en ≤ 690 V coordinación tipo 2 para circuito de alimentación 25 A gG en ≤ 690 V coordinación tipo 1 para circuito de alimentación
Impedancia media	2,5 mOhm en 50 - I _{th} 16 A para circuito de alimentación
Potencia disipada por polo	0,2 W AC-3 1,56 W AC-1
Consumo a la llamada	70 VA en 20 °C (cos φ 0,75) 70 VA en 20 °C (cos φ 0,75)
Consumo al mantenimiento	7 VA en 20 °C (cos φ 0,3) 50 7,5 VA en 20 °C (cos φ 0,3) 60 Hz
Horas de funcionamiento	4...19 ms apertura 12...22 ms cierre
Nivel de fiabilidad de seguridad	B10d 1369863 cycles contactor con carga nominal EN/ISO 13849-1 B10d 20000000 cycles contactor con carga mecánica EN/ISO 13849-1
Endurancia mecánica	15000000 cycles
Cadencia máxima	3600 cyc/h en ≤ 60 °C
Corriente mínima de conmutación	5 mA para circuito de control
Tensión de conmutación mínima	17 V para circuito de control
Tiempo de no superposición	1,5 ms en desexcitación entre contactos NC y NA 1,5 ms en excitación entre contactos NC y NA
Resistencia de aislamiento	> 10 MOhm para circuito de control
Alto	99 mm
Ancho	45 mm
Fondo	86 mm
Peso del producto	0,32 kg
Entorno	
Normas	CSA C22-2 n° 14 EN 60947-4-1 EN 60947-5-1 IEC 60947-4-1 IEC 60947-5-1 UL 508
Certificados de producto	BV CCC CSA DNV GOST LROS RINA UL GL
Grado de protección IP	IP2x de acuerdo con VDE 0106 IP2x de acuerdo con IEC 60529
Tratamiento de protección	TH (grado contaminac: III) de acuerdo con IEC 60068
Temperatura ambiente de funcionamiento	-5...60 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-60...80 °C
Temperatura ambiente admisible alrededor del dispositivo	-40...70 °C a U _c
Altitud máxima de funcionamiento	3000 m sin reducción temperatura
Resistencia al fuego	850 °C de acuerdo con IEC 60695-2-1

ANEXO D.

Sensores inductivos:

SIMATIC PXI300										SIMATIC PXI400					SIMATIC PXI600				SIMATIC PXI900			
M12	Paralelepípedo con M14	6,5 mm	8 mm x 8 mm	M18	18 mm	M30	40 mm x 40 mm	60 mm x 60 mm	80 mm x 100 mm	M8	M12	M18	M30	40 mm x 40 mm	80 mm x 80 mm	M12	M18	M30	40 mm x 40 mm	M14	M12	
2 mm 4 mm 6 mm 10 mm	2,5 mm 5 mm	2,5 mm 3 mm	3 mm	5 mm 8 mm	5 mm 8 mm	10 mm 12 mm 20 mm	15 mm 20 mm 35 mm 30 mm 35 mm 40 mm	30 mm 40 mm 50 mm	30 mm 40 mm 65 mm	1,5 mm 4 mm	3 mm 8 mm	5 mm 10 mm	12 mm 20 mm	15 mm 30 mm 35 mm 40 mm	75 mm	2 mm 4 mm	5 mm 8 mm	10 mm	15 mm 35 mm	3 mm	0... 8 mm	
#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#
2, 3	2, 3	3	3	2, 3	3	2, 3	2, 3, 4	2, 3	2, 3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	4	
#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
-/#	-/#	-/#	-/#	-/#	-/#	-/#	-/#	-/#	-/#	-/#	-/#	-/#	-/#	-/#	-/#	-/#	-/#	-/#	-/#	-/#	-/#	-/#
#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#	#/#
3804012 3804013 3804112 3804113 3804212	3804012 3804013 3804014	3804012 3804013	3804017 3804018	3804013 3804014 3804015 3804016 3804017 3804018	3804013 3804014 3804015	3804014 3804015 3804016 3804017 3804018 3804019 3804020	3804014 3804015 3804016 3804017 3804018 3804019 3804020	3804012 3804013 3804014	3804013 3804014 3804015	3804011 3804012 3804013	3804012 3804013	3804013 3804014	3804013 3804014	3804014 3804015 3804016 3804017 3804018	3804019	3804012 3804013	3804013 3804014	3804014 3804015	3804015 3804016 3804017 3804018	3804013 3804014	3804012 3804013	3804012 3804013



ANEXO E.

Variador de Velocidad:

OMRON

Denominación de tipo



Clase 200 V

Modelo CIMR-E7Z□	20P4	20P7	21P5	22P2	23P7	25P5	27P5	2011	2015	2018	2022	2030	2037	2045	2055	2075	2090	2110	
Salida máxima aplicable kW del motor ¹	0,55	0,75	1,5	2,2	3,7	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45	55	75	90	110	
Características de salida	Capacidad del variador kVA	1,2	1,6	2,7	3,7	5,7	8,8	12	17	22	27	32	44	55	69	82	110	130	160
	Corriente nominal A	3,2	4,1	7,0	9,6	15	23	31	45	58	71	85	115	145	180	215	283	346	415
Fuente de alimentación	Tensión máx.	Trifásica; 200, 220, 230 ó 240 Vc.a. (proporcional a la tensión de entrada) (Proporcional a la tensión de entrada)																	
	Frecuencia máx. de salida	200,0																	
	Tensión y frecuencia nominal de entrada	Trifásica, 200/208/220/230/240 Vc.a., 50/60 Hz																	
	Fluctuación de tensión admisible	+10%, -15%																	
Prevenición de armónicos	Reactancia de c.c.	Opcional																	
	Entrada de 12 pulsos	No es posible																	

- Los motores estándar de 4 polos se utilizan para la salida máx. del motor aplicable. Elija el modelo de variador cuya corriente nominal sea admisible dentro del rango de corriente nominal del motor.
- Para la rectificación de 12 pulsos se requiere un transformador de 3 hilos en la fuente de alimentación

Clase 400 V

Modelo CIMR-E7Z□	40P4	40P7	41P5	42P2	43P7	44P0	45P5	47P5	4011	4015	4018	4022	4090	4037	4045	4055	4075	4090	4110	4132	4160	4185	4220	4300	
Modelo IPS4: CIMR-E7Z	--	--	--	--	--	--	47P52	40112	40152	40182	40222	40302	40372	40452	40552	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Salida máxima aplicable kW del motor ¹	0,55	0,75	1,5	2,2	3,7	4,0	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45	55	75	90	110	132	160	185	220	300	
Características de salida máx.	Capacidad del variador kVA	1,4	1,6	2,8	4,0	5,8	6,6	9,5	13	18	24	30	34	46	57	69	85	110	140	180	200	230	280	390	510
	Corriente nominal A	1,8	2,1	3,7	5,3	7,6	8,7	12,5	17	24	31	39	45	60	75	91	112	150	180	216	260	304	370	506	675
Fuente de alimentación	Tensión máx.	Trifásica; 380, 400, 415, 440, 460 ó 480 Vc.a. (Proporcional a la tensión de entrada.)																							
	Frecuencia máx. de salida	200,0																							
	Tensión y frecuencia nominal de entrada	Trifásica, 380, 400, 415, 440, 460 ó 480 Vc.a., 50/60 Hz																							
	Fluctuación de tensión admisible	+10%, -15%																							
Prevenición de armónicos	Reactancia de c.c.	Opcional												Integrada											
	Entrada de 12 pulsos	No es posible												Posible ²											

- Los motores estándar de 4 polos se utilizan para la salida máx. del motor aplicable. Elija el modelo de variador cuya corriente nominal sea admisible dentro del rango de corriente nominal del motor.
- Para la rectificación de 12 pulsos se requiere un transformador de 3 hilos en la fuente de alimentación

² Para la Clase 400 V



Carcasas

Modelo CIMR-E7Z		20P4	20P7	21P5	22P2	23P7	25P5	27P5	2011	2015	2018	2022	2030	2037	2045	2055	2075	2090	2110					
Clase 200 V	Tipo cerrado (IEC IP20)	Disponible de serie									Disponible como opción					No disponible								
	Tipo chasis abierto (IEC IP00)	Disponible si se extraen las tapas superior e inferior del tipo cerrado									Disponible de serie													
Modelo CIMR-E7Z		40P4	40P7	41P5	42P2	43P7	45P5	47P5	4011	4015	4018	4022	4030	4037	4045	4055	4075	4090	4110	4132	4160	4185	4220	4300
Clase 400 V Ce. medio	Tipo cerrado (IEC IP20)	Disponible de serie									Disponible como opción					No disponible								
	Tipo chasis abierto (IEC IP00)	Disponible si se extraen las tapas superior e inferior del tipo cerrado									Disponible de serie													
	Tipo cerrado (IP54)	Disponible de serie																						

Especificaciones comunes

Número de modelo CIMR-E7Z	Especificación	
Método de control	PWM de onda sinusoidal (control V/f)	
Rango de control de velocidad	1:40	
Precisión del control de velocidad	±3 (25°C ±10°C)	
Rango de control de frecuencia	0,0 a 200,0 Hz	
Precisión de frecuencia (características de temperatura)	Referencias digitales: ± 0,01% (-10°C a +40°C)	
	Referencias analógicas: ±0,1% (25°C ±10°C)	
Resolución de configuración de frecuencia	Referencias digitales: 0,01 Hz Referencias analógicas: 0,025/50 Hz (11 bits más signo)	
Resolución de frecuencia de salida	0,01 Hz	
Señal de configuración de frecuencia	0 a +10 V, 4 a 20 mA	
Tiempo de aceleración/deceleración	0,01 a 6000,0 s (2 combinaciones seleccionables de configuraciones independientes de aceleración y deceleración)	
Par de freno	Aproximadamente 20%	
Funciones de control principales	Rearranque por pérdida de alimentación, búsquedas de velocidad, detección de sobrepasar, control de 5 velocidades (máximo), cambios de tiempo de aceleración/deceleración, aceleración de curva S, control de 3 hilos, autoajuste (autotuning), control ON/OFF del ventilador de refrigeración, compensación de par, frecuencias de salto, límites superior e inferior de las referencias de frecuencia, freno de c.c. para arrancar y parar, freno de alto deslizamiento, control PI (con función de inactividad), control de ahorro de energía, comunicaciones MEMOBUS (RS-485/422, 19,2 kbps máximo), reset de fallo y función de copia.	
Protección del motor	Protección mediante relé termoelectrónico de sobrecarga.	
Protección contra sobrecorriente instantánea	Parada a aproximadamente el 200% de la corriente nominal de salida.	
Protección de fusible fundido	Parada con fusible fundido.	
Protección contra sobrecarga	120% de la corriente nominal de salida durante 1 minuto	
Protección contra sobretensión	Variador Clase 200: Se detiene cuando la tensión de c.c. del circuito principal supera los 410 V. Variador Clase 400: Se detiene cuando la tensión de c.c. del circuito principal supera los 820 V.	
Protección contra baja tensión	Variador Clase 200: Se detiene cuando la tensión de c.c. del circuito principal es inferior a 190 V. Variador Clase 400: Se detiene cuando la tensión de c.c. del circuito principal es inferior a 380 V.	
Recuperación de pérdida instantánea de alimentación	Al seleccionar el método de pérdida instantánea de alimentación, la operación se puede continuar si la alimentación se restablece en 2 segundos.	
Recalentamiento del ventilador de refrigeración	Protección mediante termistor.	
Prevención de calada	Prevención de calada durante la aceleración, deceleración o marcha.	
Protección de puesta a tierra	Protección mediante circuitos electrónicos.	
Indicador de carga	Se ilumina cuando la tensión de c.c. del circuito principal es de aprox. 50 V o superior.	
Grado de protección	Tipo cerrado montado en pared (NEMA 1): 18,5 kW o menos (lo mismo para variadores Clase 200 V y 400 V) Tipo chasis abierto (IP00): 22 kW o más (lo mismo para variadores Clase 200 V y 400 V) Tipo cerrado montado en pared (IP54): de 7,5 kW a 55 kW (variadores Clase 400 V)	
Condiciones ambientales	Temperatura ambiente de servicio	-10°C a 40°C (tipo cerrado montado en pared) -10°C a 45°C (tipo chasis abierto)
	Humedad ambiente de servicio	95% max. (sin condensación)
	Temperatura de almacenamiento	-20°C a +60°C (temperatura temporal durante el transporte)
	Ubicación de aplicación	Interiores (sin gases corrosivos, polvo, etc.)
	Altitud	1000 m máx.
Vibraciones	10 a 20 Hz, 9,8 m/s ² máx.; 20 a 50 Hz, 2 m/s ² máx.	

ANEXO F.

Cuadro eléctrico:

Descripción del sistema

2.6 Datos técnicos

2.6 Datos técnicos

Datos técnicos

Normas y disposiciones	Conjunto de aparata de baja tensión de serie	IEC 60439-1, EN 60439-1
Distancias disruptivas y de fuga	Tensión de impulso asignada (U _{imp}) Categoría de sobretensión Grado de contaminación	12 kV IV III
Tensión asignada de aislamiento (U _i)		1000 V
Tensión asignada de servicio (U _e)		hasta 690 V
Embarrados 3/4 polos	Embarrado principal Intensidades asignadas (I _n) Resistencia a intensidades asignadas de choque (I _{pk}) Resistencia a corrientes intensidades de corta duración (I _{cw})	hasta 4.000 A hasta 220 kA hasta 100 kA, 1 s
Grado de protección	según IEC 60529, EN 60529	hasta IP55
Protección contra daños mecánicos	según IEC 62262, apartado 9.6 IP3X ≥ IP4X	IK08 IK10
Compartimentación interna	según IEC 60439-1, EN 60439-1, apartado 7.7	hasta forma 4
Peso máximo desmontaje	Demostrado mediante prueba tipo con carga estática y mediante elevación según IEC 62208, apartados 9.3 y 9.4	máx. 1200 kg

Datos técnicos SIVACON S4

ANEXO G1.


Pulsadores:

Componga usted mismo otros productos utilizando los subconjuntos cuerpo + cabeza - ver las páginas 5712 a 5718



XB4-BVB5

Pilotos luminosos con LED integrado

Forma de la cabeza	Tensión de alimentación V	Color	Referencia	Peso kg
 Protected LED	≤ 24	Bianco	XB4-BVB1 (ZB4-BVB1 + ZB4-BV013)	0,080
		Verde	XB4-BVB3 (ZB4-BVB3 + ZB4-BV033)	0,080
		Rojo	XB4-BVB4 (ZB4-BVB4 + ZB4-BV043)	0,080
		Amarillo	XB4-BVB5 (ZB4-BVB5 + ZB4-BV053)	0,080
		Azul	XB4-BVB6 (ZB4-BVB6 + ZB4-BV063)	0,080
		Bianco	XB4-BVG1 (ZB4-BVG1 + ZB4-BV013)	0,080
	$\sim 48...120$	Verde	XB4-BVG3 (ZB4-BVG3 + ZB4-BV033)	0,080
		Rojo	XB4-BVG4 (ZB4-BVG4 + ZB4-BV043)	0,080
		Amarillo	XB4-BVG5 (ZB4-BVG5 + ZB4-BV053)	0,080
		Azul	XB4-BVG6 (ZB4-BVG6 + ZB4-BV063)	0,080
		Bianco	XB4-BVM1 (ZB4-BVM1 + ZB4-BV013)	0,080
		Verde	XB4-BVM3 (ZB4-BVM3 + ZB4-BV033)	0,080
	$\sim 230...240$	Rojo	XB4-BVM4 (ZB4-BVM4 + ZB4-BV043)	0,080
		Amarillo	XB4-BVM5 (ZB4-BVM5 + ZB4-BV053)	0,080
		Azul	XB4-BVM6 (ZB4-BVM6 + ZB4-BV063)	0,080



XB4-BV64




XB4-BV33

Pilotos luminosos para lámpara BA 9s

Forma de la cabeza	Tensión de alimentación V	Color	Referencia	Peso kg
	Con alimentación directa, para lámpara BA 9s U \leq 250 V, 2,4 W máx. (lámpara no suministrada)			
	≤ 250	Bianco	XB4-BV61 (ZB4-BV6 + ZB4-BV01)	0,075
		Verde	XB4-BV63 (ZB4-BV6 + ZB4-BV03)	0,075
		Rojo	XB4-BV64 (ZB4-BV6 + ZB4-BV04)	0,075
		Amarillo	XB4-BV65 (ZB4-BV6 + ZB4-BV05)	0,075
		Bianco	XB4-BV31 (ZB4-BV3 + ZB4-BV01)	0,152
	$\sim 110...120$ 50/60 Hz	Verde	XB4-BV33 (ZB4-BV3 + ZB4-BV03)	0,152
		Rojo	XB4-BV34 (ZB4-BV3 + ZB4-BV04)	0,152
		Amarillo	XB4-BV35 (ZB4-BV3 + ZB4-BV05)	0,152
		$\sim 230...240$ 50/60 Hz	Bianco	XB4-BV41 (ZB4-BV4 + ZB4-BV01)
Verde			XB4-BV43 (ZB4-BV4 + ZB4-BV03)	0,152
Rojo	XB4-BV44 (ZB4-BV4 + ZB4-BV04)		0,152	
Amarillo	XB4-BV45 (ZB4-BV4 + ZB4-BV05)		0,152	



Pulsadores "de seta" Ø 30 mm. Parada de emergencia ⁽³⁾					
Tipo de cabeza		Con enclavamiento brusco (EN/ISO 13850:2006)			
Forma de la cabeza		Cilíndrico			
Tipo de pulsador		Girar para desenclavar			
		Productos completos	Productos a componer		
					
Referencias	rojo ● 2 "NC" + 1 "NA"	XB6 AS8349B	ZB6 E2B	ZB6 Z5B	ZB6 AS834
Tipo de pulsador		Girar para desenclavar, con llave Ronis 200			
Referencias	rojo ● 2 "NC" + 1 "NA"	XB6 AS9349B	ZB6 E2B	ZB6 Z5B	ZB6 AS934

⁽³⁾ Parada de emergencia con enclavamiento brusco según la norma IEC/EN 60204-1 y EN/ISO 13850:2006 de la Directiva de Máquinas 98/37/EC y según la norma IEC/EN 60947-5-5. Puede dirigirse a su Dirección Regional de Ventas para una completa explicación de estas normas y directiva.

ANEXO G2.

Baliza:

Selection guide

Signalling solutions
Harmony type XV

Harmony type XV		Modular tower lights		
Type of products		Pre-assembled/pre-cabled tower lights Variable composition tower lights for customer assembly of up to 5 units	Variable composition tower lights for customer assembly of up to 5 units	Illuminated beacons Variable composition tower lights for customer assembly of up to 5 units
Diameter (mm)		Ø 45	Ø 50	Ø 70
Degree of protection conforming to IEC 60629		IP 54 in vertical position (XVM with plastic fixing plate) IP 42 in horizontal position (XVM with metal bracket) IP 40 in other positions (all types of XVM tower lights)	IP 65 for illuminated units IP 43 for audible units	IP 42 mounted vertically IP 40 for other positions IP 54 with reinforced protection (using sealing kit)
Type of signalling	Steady Flashing "Flash" Sound	■ ■ - -	■ ■ - -	■ ■ - ■
Light sources	Incandescent bulb LED bulb Integral LED "Flash" discharge tube Halogen bulb	■ ■ - ■ -	■ ■ - ■ -	■ ■ - ■ -
Colours of illuminated units		<input type="checkbox"/> Red <input type="checkbox"/> Green <input type="checkbox"/> Orange <input type="checkbox"/> Blue <input type="checkbox"/> Clear	<input type="checkbox"/> Green <input type="checkbox"/> Red <input type="checkbox"/> Orange <input type="checkbox"/> Blue <input type="checkbox"/> Clear <input type="checkbox"/> Yellow	<input type="checkbox"/> Green <input type="checkbox"/> Red <input type="checkbox"/> Orange <input type="checkbox"/> Blue <input type="checkbox"/> Clear
Connection		Flying leads, length 300 mm or screw terminals	Screw clamp terminals	Screw clamp terminals
Support panel drilling or out-out		Mounting on bracket: 2 x Ø 9 Mounting on support tube: 4 x Ø 5.5 or M5	Mounting on bracket: 2 x Ø 9 Mounting on fixing base: 4 x Ø 5 or M5 Vertical mounting: 2 x Ø 4.5 Direct mounting: 4 x Ø 5 or M5	Mounting on support tube: 4 x Ø 5.5 or M5 Vertical mounting: 3 x Ø 5 or M5
Type references		XVM	XVP C	XVE L, XVE C

ANEXO H.

Contador digital:



Self-Powered Count Totalizer	H7EC
------------------------------	------

Subminiature Total Counters With Improved Appearance and Features

- Large display with 8.6 mm (0.338 in) height
- Available with backlit LCD
- PNP/NPN DC voltage input available
- Eight-digits, counting range 0 to 99999999
- Key-protect switch to prevent front resetting
- Selectable input speed: 30 Hz or 1 kHz (except for AC/DC multi-voltage input models)
- NEMA 4/IP66 front
- Replaceable battery
- New black case



Ordering Information

■ TOTAL COUNTERS

Count input	Max. counting speed	Display	Part number
PNP/NPN universal DC voltage input	30 Hz or 1 kHz (Selectable)	7-segment LCD with backlight	H7EC-NV-BH
		7-segment LCD	H7EC-NV-B
AC/DC multi-voltage input	20 Hz	7-segment LCD	H7EC-NFV-B
No-voltage	30 Hz or 1 kHz (Selectable)	7-segment LCD	H7EC-N-B

■ MODEL NUMBER LEGEND

- | | |
|--|--|
| <p>1. Count Input</p> <p>None: No-voltage input
V: PNP/NPN universal DC voltage input
FV: AC/DC multi-voltage input</p> <p>3. Case Color</p> <p>B: Black</p> | <p>2. Display</p> <p>None: 7-segment LCD without backlight
H: 7-segment LCD with backlight</p> |
|--|--|

H7EC H7EC

Specifications

■ GENERAL

Item	H7EC-NV-B H7EC-NV-BH	H7EC-NFV-B	H7EC-N-B
Operating mode	Up type		
Mounting method	Flush mounting		
External connections	Screw terminals, optional Wire-wrap Terminals (See Note 1.)		
Reset	External/Manual reset		
Number of digits	8		
Count input	PNP/NPN universal DC voltage input	AC/DC multi-voltage input	No-voltage input
Display	7-segment LCD with or without backlight (character height: 8.6 mm) (See Note 2.)		
Max. counting speed	30 Hz/1 kHz	20 Hz	30 Hz/1 kHz
Case color	black		
Attachment	Waterproof peaking, flush mounting bracket		
Approved standard	UL508, CSA C22.2 No.14, Lloyds Conforms to EN61010-1/IEC61010-1 (Pollution degree2/overvoltage category III) Conforms to VDE0108/P100		

- Note: 1. Wire-wrap Terminals (Y82S-37) can be ordered separately.
2. Only PNP/NPN universal DC voltage input models (-H models) are available with a backlight.