

# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

## ESCUELA DE ELECTROMECAÁNICA



Informe de la práctica profesional para optar por el grado de  
Licenciatura en Mantenimiento Industrial

PROYECTO: “Base de Datos para los Equipos de Producción”,  
“Manual de Mantenimiento Preventivo para Mezcladora”, “Diseño  
Eléctrico para Instalación de Motores”



EMPRESA: Laboratorios FARYVET S.A.

PROFESOR: Asesor Ing. Luis Gómez

ESTUDIANTE: Freddy Castro González  
# 9930335

I SEMESTRE 2004

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>RESEÑA HISTÓRICA</b> .....	4
<b>Servicios</b> .....	4
<b>Productos</b> .....	5
<b>PRIMER PROYECTO: BASE DE DATOS PARA LOS EQUIPOS</b> .....	9
1. Justificación .....	9
2. Objetivos generales .....	10
3. Objetivos específicos .....	10
4. Metodología .....	10
5. Marco conceptual.....	11
6. Diseño de la base de datos. ....	12
Tabla 1. Ejemplo de codificación para las secciones .....	13
Tabla2. Ejemplo de codificación para los equipos.....	13
7. Descripción de las características de la base de datos.....	14
Fig 1. Panel de control principal de la basa de datos. ....	14
Fig. 2. Panel de control Actualizar.....	15
Fig. 3. Formulario para actualizar máquinas.....	15
Fig. 4. Formulario para la actualización de las plantas.....	16
Fig. 5. Consultas .....	16
Fig. 6. Panel de control de los informes.....	17
Fig. 7. Formato de informes.....	18
Fig. 8. Diagramas a escala de los equipos.....	19
8. Recomendaciones. ....	20
9. Conclusiones. ....	20
<b>SEGUNDO PROYECTO: MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO. ....</b>	<b>21</b>
1. Justificación .....	21
2. Objetivos generales .....	23
3. Objetivos específicos. ....	23
4. Marco conceptual.....	24
5. Metodología .....	27
Tabla 3. Máquina seleccionada para el manual de mantenimiento preventivo .....	28
Fig. 9. Esquema de la mezcladora escogida.....	29
Tabla 4. División de la máquina en partes. ....	30
Tabla 5. División de la máquina en subpartes.....	31
6. Procedimiento seguido para la ejecución del Mantenimiento Programado .....	35
7. Recomendaciones: .....	38
8. Conclusiones: .....	38
<b>TERCER PROYECTO: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA LOS MOTORES USADOS EN LAS MEZCLADORAS DE PRODUCTOS VITAMÍNICOS</b> .....	<b>39</b>
1. Justificación .....	39
2. Objetivos generales .....	40

<b>3. Objetivos específicos .....</b>	<b>40</b>
<b>4. Marco conceptual.....</b>	<b>41</b>
<b>5. Determinación de conductores, corrientes de sobrecarga y corriente de cortocircuito. ....</b>	<b>45</b>
Tabla 6. Datos técnicos de los motores.....	45
<b>6. Cálculos del sistema eléctrico.....</b>	<b>46</b>
<b>7. Determinación de arrancadores.....</b>	<b>49</b>
Tabla 7. Referencias de los arrancadores seleccionados.....	49
<b>8. Recomendaciones .....</b>	<b>50</b>
<b>9. Conclusiones .....</b>	<b>50</b>
<b><i>Bibliografía</i>.....</b>	<b>51</b>
<b><i>ANEXOS</i>.....</b>	<b>52</b>
<b>Anexo 1. Nomenclatura para equipo de proceso. Tomado del folleto para la presentación de proyectos del colegio de ingenieros químicos de Costa Rica. ....</b>	<b>53</b>
<b>Anexo 2. Muestra del formato de los informes y diagramas para la base de datos. ....</b>	<b>54</b>
<b>Anexo 3. Manual de mantenimiento preventivo para la mezcladora A 101.....</b>	<b>60</b>
<b>Anexo 4. Análisis modo efecto falla para la mezcladora A 101. ....</b>	<b>64</b>
<b>Anexo 5. Gantt anual para las inspecciones. ....</b>	<b>74</b>
<b>Anexo 6. Tabla 430-150 Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna, tomada del NEC 1999.....</b>	<b>75</b>
<b>Anexo 7. Tabla 310-16 Capacidades permisibles de corriente en conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 V, tomada del NEC 1999. ....</b>	<b>76</b>
<b>Anexo 8. Tabla 430-152 Capacidad nominal o ajuste máximo de los dispositivos de protección para costo circuitos ramales de motores contra corto circuito y falla a tierra, tomada del NEC 1999.....</b>	<b>77</b>
<b>Anexo 9. Tabla 430-7(b) Letras de código para indicación de rotor bloqueado, tomada del NEC 1999.....</b>	<b>78</b>
<b>Anexo 10. Arrancadores para motores marca schneider.....</b>	<b>79</b>
<b>Anexo 11. Relés de sobre carga para motores marca schneider.....</b>	<b>80</b>
<b>Anexo 12. Relés de sobre carga para motores marca schneider. (Continuación).....</b>	<b>81</b>
<b>Anexo 13. Designación para arrancadores Cuttler-Hammer. ....</b>	<b>82</b>
<b>Anexo 14. Arrancadores tipo Nema marca Cuttler - Hammer .....</b>	<b>83</b>
<b>Anexo 15. Tabla 250-122 Calibre mínimo de conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos, tomado del NEC 1999.....</b>	<b>84</b>

## **INTRODUCCIÓN**

Este documento consiste en un informe de los proyectos que se realizaron por motivo de la práctica de especialidad de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial que se realizó en la empresa Laboratorios Faryvet S.A..

Este documento consta de cuatro capítulos.

El primer capítulo está conformado por una breve reseña histórica y características de la empresa, sus productos, servicios y características.

El segundo capítulo hace una descripción de cómo se llevó a cabo el diseño de la base de datos para los equipos existentes en la empresa.

El tercer capítulo se refiere al manual de mantenimiento realizado a una de las máquinas del proceso productivo de la empresa.

El cuarto capítulo trata del diseño eléctrico para la instalación de los motores de las tres mezcladoras encargadas de la fabricación de las premezclas vitamínicas que la empresa realiza.

## **RESEÑA HISTÓRICA**

La empresa Laboratorios Faryvet abreviación de Laboratorios Farmacéutico y Veterinario, fue fundada el 21 de abril de 1977, con la idea de elaborar y distribuir productos veterinarios de alta calidad, principalmente premezclas antibióticas y vitaminas, promotores de crecimiento y desinfectantes, para uso en aves, cerdos, equinos, bovinos, caprinos y ovinos.

Fue concebida como respuesta a una necesidad nacional de crear medicamentos adecuados y accesibles a todo tipo de productos del sector agropecuario.

Desde sus inicios, Faryvet S.A., se preocupó por evaluar las necesidades de productos en las diversas áreas pecuarias, para lo cual tomaron en cuenta opiniones de los clientes y médicos veterinarios, hoy en día se han consolidado en las áreas de avicultura, ganadería, porcicultura y pequeñas especies.

La empresa cuenta con la representación y distribución de productos de prestigiosas casas internacionales, esto hace que la gama de productos sea muy diversa y llene muchas de las necesidades de sus clientes.

### **Servicios**

La compañía Laboratorios Faryvet S.A., cuenta con químicos, farmacéuticos, médicos veterinarios, laboratoristas, nutricionistas y microbiólogos. Por el tipo de personal la empresa está en capacidad de brindar asesorías y respaldo en el control de calidad, todo esto como parte de su política de servicio al cliente y como valor agregado para sus clientes.

Cualquier inquietud que tengan los clientes en las diferentes áreas del sector pecuario como los son: avicultura, porcicultura, acuicultura, ganadería y otros, la empresa está en total disposición de enviar a sus especialistas y que éstos analicen y examinen la situación para así poder dar recomendaciones a los clientes y diseñar un plan de acción, ya sea para el manejo y crianza de las distintas especies animales.

## Productos

### Analgésicos anti-inflamatorios:

- Dexametasona 0.06% (Suspensión oral).
- Dexametasona 2% (inyectable).
- Dexametasona 0.125 (Suspensión oral).
- Dexametasona fosfato.

### Anestésicos y tranquilizantes:

- Lidocaina HCL 2%.

### Antibióticos inyectables:

- Dicacilin 5%.
- Enrovet 5%.
- Enrovet 10%.
- Oxitetraciclina 10%.
- TS 200.

### Antibióticos orales:

- Decacilin 1%.
- Decacilin 15%.
- Pultrisol 12.5%.
- Tetra sulfan.
- Enrociclina 10%.
- Enrociclina 20%.

### Antibióticos polvos solubles:

- Enrociclina 10%.
- Tilosina.
- Oxitetraciclina + vitaminas.
- Neopensol.

### Antibióticos premezclas:

- Decacilin 20%.
- Tilosulfa.
- Neomicina 10%.
- Neotracil 60-60.
- Oxitetraciclina 9%.
- Sulfametazina.

- Sulcotrim premezcla.
- Tilosina.
- Clortetraciclina 15%.
- CSP-250.

Núcleos:

- Farpig fase 1.
- Farpig fase 2.
- Farpig inicio 1.
- Farpig desarrollo.
- Farpig engorde.
- Farpig gestación.
- Farpig lactancia.

Coccidiostatos:

- DOT premezcla.
- DOT + Sulfaquinoxalina.

Desinfectantes:

- Complejo yodo-etanol.
- Saniestop.
- Valtán.

Minerales para ganado:

- Multiphos plus + probióticos.

Podales:

- Chadine.

Premezclas vitamínicas y/o minerales:

- Super cerdos.
- Cerdos A.
- Super gallinas.
- Caballos A.
- Ganado A.
- Perros A.
- Super pollos.
- Pollos A.
- Gallinas A.

Reconstituyentes y otros:

- Arsenicales con B-12.
- Biocor.
- Cetofar.
- Vitelene C.
- Complejo B.
- Calcio D + B12.
- Dynaphos.
- Electrofar.
- Farvital 18.
- Hierro dextrano cobalto + B12.
- Hierro dextrano.
- Vicon 500 hidrodispersable.
- Vitamina B12.
- Vitelene G.
- Vitamina con electrolitos.
- Hetofar + B12.

Sellador de pezones:

- Valtàn.

Desparasitantes:

- Farmenzol.
- Fenbendazol 4%.
- Fenbendazol 10%.
- Fenbendazol 23%.
- Printel 5%.
- Levamisol 10%.
- Mebenfar 8%.
- Oroprazil.
- Printel 2%.

Sueros:

- Dextrosa 5%.
- Lactato de Ringer.
- Oral con electrolitos.



Gastroentéricos:

- Rigoran (aceitemineral).
- Purgante bovino.

Hormonales:

- Oxitocina sintética.

## **PRIMER PROYECTO: BASE DE DATOS PARA LOS EQUIPOS**

### **1. Justificación**

La empresa Laboratorios Faryvet S.A., con el propósito de expandirse y ofrecer mejor servicio a sus clientes, optó por comprar una planta de mayor tamaño y capacidad, con lo que necesita identificar y localizar sus equipos actuales para que en la mudanza su recolección sea más sencilla y rápida. A la vez, para la construcción de la nueva planta sería necesario contar con los datos técnicos de los equipos así como sus dimensiones y especificaciones de funcionamiento.

Es por esto que surge la necesidad de crear una base de datos que incluya esta información en una manera fácil y rápida, para su consulta, haciendo uso de una aplicación en el software de Microsoft Access. Junto con los diagramas de los equipos en el programa para dibujo AutoCad, se construyó una base de datos de sus equipos.

## **2. Objetivos generales**

- Documentar los datos de los equipos existentes.
- Agilizar las labores de mantenimiento de los equipos.

## **3. Objetivos específicos**

Con la implementación de la base de datos se pretende:

- Crear una base de datos donde las máquinas se ordenen por planta y por sección productiva.
- Obtener una forma más sencilla y flexible de recolectar los datos técnicos de los equipos que la empresa posee.
- Facilitar el diseño de los cuartos en la nueva planta.
- Llevar un control de la adquisición y documentación de los nuevos equipos.
- Documentar los datos técnicos de los equipos para la creación de planes de mantenimiento preventivo.

## **4. Metodología**

Para la resolución del problema se siguieron los siguientes pasos:

- Recolección de la información de los datos de placa de los equipos, junto con la de sus dimensiones.
- Creación de las tablas y sus relaciones para la confección de la base de datos.
- Elaboración de las interfaces (pantallas) para la utilización por parte del usuario.
- Generación de la hoja de informes donde obtiene la información de los equipos.
- Realización de los dibujos esquemáticos de los equipos registrados.

## **5. Marco conceptual**

### **Generalidades**

Una base de datos es una colección de datos relacionados acerca de una organización, con múltiples usos. En una base de datos, las definiciones de los datos y las relaciones entre ellos están separadas de las declaraciones de procedimientos de un programa.

Entre la base de datos y el usuario debe existir una capa de software que aisle a este último de los detalles técnicos de almacenamiento y que le permita entre otras cosas, acceder la información que necesita por medio de un lenguaje sencillo.

### **Sistema Administrador de Base de Datos.**

Un sistema administrador de base de datos (DBMS) consiste en una colección de datos interrelacionados y un conjunto de programas para accederlos. La colección de datos es usualmente llamada como la base de datos. La meta principal de un DBMS es proveer un ambiente adecuado y eficiente para almacenar y recuperar información de la base de datos.

La DBMS utiliza un modelo de datos para definir la estructura fundamental de los mismos y en un modelo de datos se muestran las relaciones entre las entidades.

### **Modelo de Datos.**

Un modelo de datos es un conjunto de herramientas conceptuales para describir datos, sus relaciones y su significado.

El modelo de datos que más se utiliza actualmente es el modelo relacional, y es en este caso en el que se fundamentan las bases de datos Access.

### **Modelo Relacional.**

En el modelo relacional, las entidades y sus relaciones se representan con tablas de dos dimensiones, las columnas representan los atributos de la entidad y las filas son los valores de una ocurrencia dentro de la entidad.

## 6. Diseño de la base de datos.

### Creación de las tablas.

Para almacenar gran cantidad de datos y organizarlos de una forma lógica dentro de una computadora se utilizan las bases de datos. Una base de datos es un gran contenedor de información que la mantiene relacionada.

Una base de datos se divide en tablas; una tabla es un contenedor acerca de un objeto o entidad en particular, por ejemplo la tabla de plantas. Las tablas están organizadas como un conjunto de registros del mismo tipo, cada registro contiene información acerca de un elemento individual, como por ejemplo Código de Máquina. Los registros en la tabla se componen de campos, como Nombre de máquina, Descripción, etc.

Las tablas utilizadas para la elaboración de la base datos, son los que se presentan enseguida:

- Plantas.
- Secciones.
- Máquinas.

#### *Tabla de Plantas*

Maneja las plantas productivas de la empresa. Cuenta con los siguientes campos:

- Nombre de planta.
- Código de planta.

#### *Tabla de secciones*

Contiene las secciones productivas por cada planta existente en la empresa. Consta de los siguientes campos:

- Nombre de Sección.
- Código de Planta.
- Código de Sección.

### *Tabla de máquinas*

Contiene a las máquinas que existen en cada sección de cada planta productiva en la empresa. Contiene los siguientes campos:

- Nombre de a máquina.
- Código de planta.
- Código de sección.
- Código de máquina.
- Años de funcionamiento.
- Años restantes.
- Descripción.

### **Codificación**

La codificación de las plantas, secciones y máquinas, se basó en el manual de proyectos del Colegio de Ingenieros Químicos de Cosa Rica, ver anexo 1, junto con las codificaciones con que la empresa contaba.

El código de la planta consiste en un espacio donde se escribe, no más de tres dígitos, la clave con que esa planta es identificada.

Para la codificación de las secciones, se cuenta con dos espacios: uno reservado para el código de la planta y el otro para una clave única característica para esa sección, por ejemplo la Sección control de calidad que corresponde a la planta de inyectables.

**Tabla 1. Ejemplo de codificación para las secciones**

<b>Código de planta</b>	<b>Código de Sección</b>	<b>Nombre de la sección</b>
Fa	FACC	Control de Calidad

Para el caso de las máquinas se utilizó el mismo sistema, para su codificación se necesitan tres espacios: el de la planta, sección y el de la clave única para la máquina, por ejemplo, la mezcladora, ubicada en el área de mezclado de la planta de premezclas.

**Tabla2. Ejemplo de codificación para los equipos**

<b>Código de planta</b>	<b>Código de Sección</b>	<b>Código de máquina</b>	<b>Nombre de máquina</b>
PM	MEZ	A 101	Mezcladora

## 7. Descripción de las características de la base de datos.

### Pantallas.

La pantalla o interfaz es la imagen que el usuario percibe a través de la vista en el momento de ejecutar el programa, en ellas se destacan espacios que cumplen funciones de carácter informativo y de orientación para la persona encargada de consultar o digitar la información.

### ***Panel principal***

Esta es la entrada a la base de datos, ahí se selecciona la acción que se quiere realizar con la base de datos.



Fig 1. Panel de control principal de la basa de datos.

El panel administra la base de datos. Cuenta con cuatro opciones: la de actualizar, consultas, informes y salir.

### ***Botón Actualizar***

Este hipervínculo permite ingresar a los formularios donde se puede agregar nuevos datos, ya sean plantas, secciones y/o máquinas.

Luego de realizar la actualización requerida, existe el botón de regresar, el cual permite llegar nuevamente al panel de control principal.



Fig. 2. Panel de control Actualizar.

A continuación se muestra el formulario de máquinas.

Fig. 3. Formulario para actualizar máquinas.

Los formularios permiten la actualización e ingreso de equipos a la base de datos. Los datos escritos en el formulario son almacenados en las tablas



respectivas. A la vez existen formularios para la actualización de plantas para las secciones.

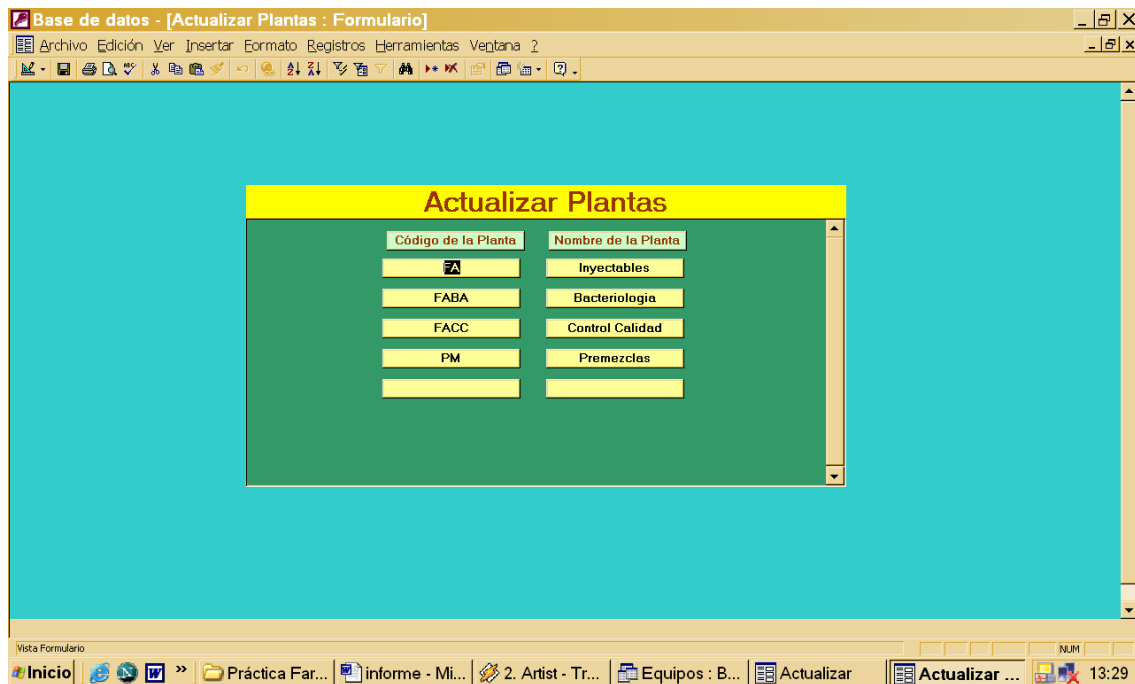


Fig. 4. Formulario para la actualización de las plantas.

#### *Botón de consultas*

Este botón permite ingresar al panel de consultas, donde se localizan los equipos ya sea por nombre de equipo, planta años restantes y años de funcionamiento. Con las consultas se permite el acceso rápido y fácil a la información almacenada en la aplicación.



Fig. 5. Consultas.

La consulta permite el uso de asteriscos en caso de no recordar el nombre completo de la planta o la máquina. Éstos se colocan al principio o al final de la palabra que se desee buscar.

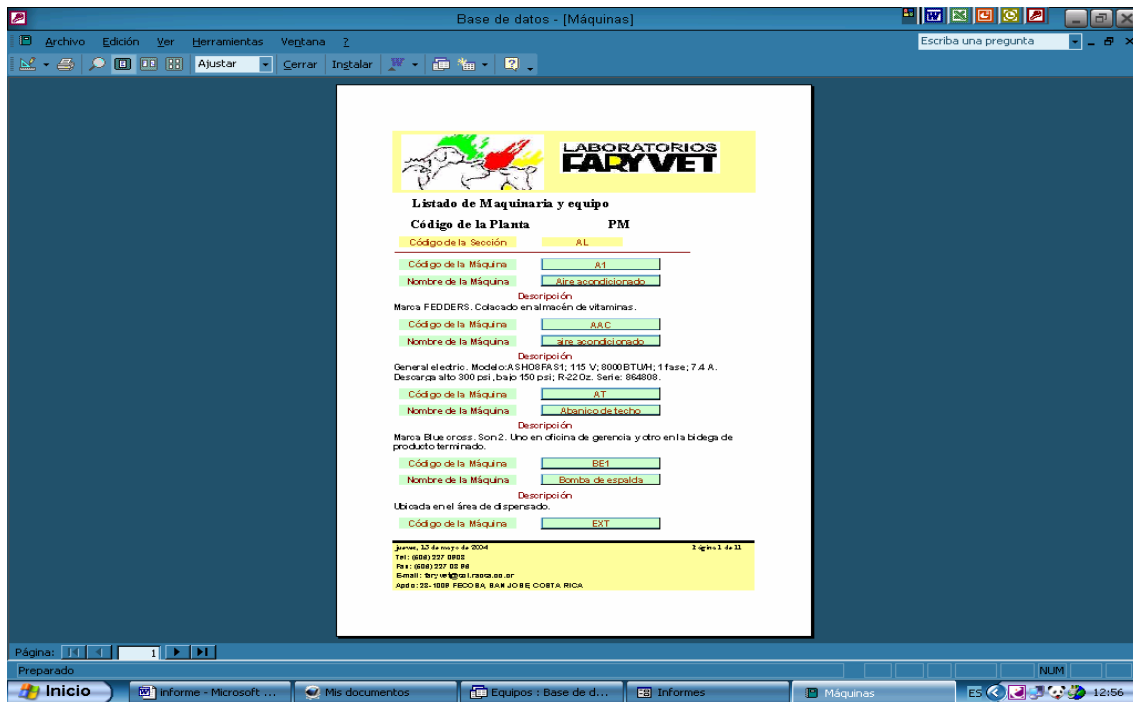
### *Botón de informes*

Éste acceso nos permite imprimir los datos de los equipos que deseemos tener, así como las plantas y secciones de la empresa.



**Fig. 6. Panel de control de los informes.**

Los datos que se deseen imprimir pueden ser accedidos en ésta pantalla, ya sea imprimir las plantas, secciones y las máquinas. Para las máquinas existe la posibilidad de hacerlo de varias formas: por planta, por nombre o por código.



**Fig. 7. Formato de informes.**

Junto con la aplicación diseñada en Access, se realizaron los dibujos esquemáticos a escala de los equipos incluidos en la base de datos. Para ello fue necesario la toma de medidas exactas de los equipos. Se utilizó una escala específica para cada equipo, debido a que existen equipos de mayor tamaño que otros por lo que colocarlos a una misma escala era muy complicado.

Los dibujos representan principalmente el espacio volumétrico de los equipos, para una mejor visualización del espacio que necesitarán en la nueva planta.

A continuación se muestran el diseño usado para los diagramas.

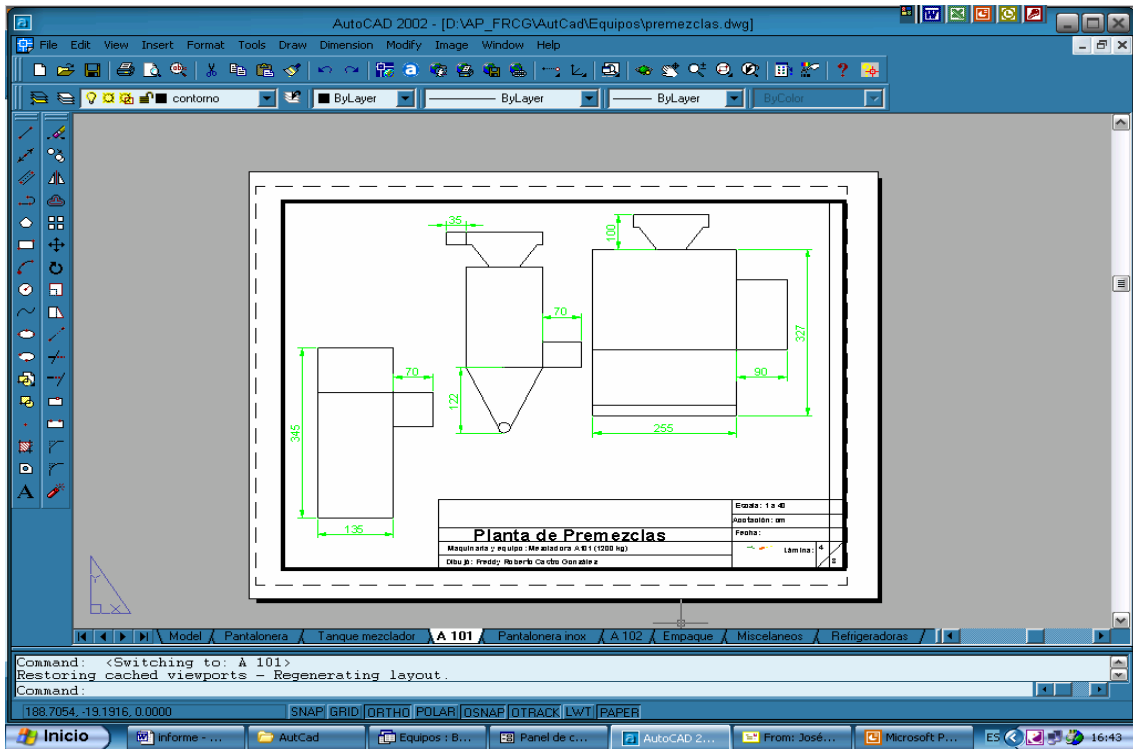


Fig. 8. Diagramas a escala de los equipos.

## **8. Recomendaciones.**

- Mantener actualizados los datos almacenados en la aplicación conforme se actualicen o rediseñen los equipos de la empresa.
- Dar mantenimiento a la base de datos, lo cual incluye la compactación, revisión de tablas, relaciones, etc.
- Tener una copia de respaldo o seguridad actualizada de la base de datos, con el fin de prevenir la pérdida de información que podría provocar alguna falla del equipo.
- Limitar el acceso de la base de datos únicamente al personal encargado de los equipos.
- Realizar las mejoras que se consideren pertinentes, conforme el uso y la experiencia en el manejo así lo recomienden.

## **9. Conclusiones.**

1. La administración de la información en forma computarizada agilizó el control y localización de los equipos de la empresa.
2. La base de datos permitió el correcto diseño y distribución de la planta nueva.

## **SEGUNDO PROYECTO: MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

### **1. Justificación**

En los últimos años han llegado al país, como parte de esta era de globalización, las nuevas teorías administrativas y de mercadeo que procuran industrias cada vez más eficientes y competitivas, tanto en el ámbito nacional como internacional. Es todo una realidad que los empresarios que aceptaron el cambio con optimismo y seriedad han logrado maniobrar sobre esta “ola” y continuar a flote en el mercado; mientras que las industrias que se han mantenido indiferentes a esta situación, poco a poco han tenido que ceder campo a las grandes transnacionales y desaparecer del escenario empresarial.

Actualmente el mantenimiento preventivo en la empresa Laboratorios Faryvet S.A. es prácticamente inexistente; las máquinas son intervenidas por los mecánicos solo cuando éstas han dejado de operar por una falla severa. Es decir, hasta que la máquina se torne inoperante, no recibe atención alguna por parte de los mecánicos. Como puede suponerse, no existen planes de lubricación ni de revisión de ajustes. Esta situación genera varios problemas, a saber: el equipo sufre un mayor deterioro por falta de prácticas preventivas; las fallas son completamente impredecibles, lo que origina paros en producción (pérdidas no sólo en producto terminado sino en horas hombre de operadores que no pueden laborar mientras dura la falla); estos tiempos muertos pueden alargarse si los mecánicos no pueden corregir el problema inmediatamente.

Hay que sumarle a ello la disponibilidad de repuestos en bodega, la cual puede alargar el tiempo que dure detenida una máquina.

Esta misma deficiencia se aplica a la bodega, la cual carece de un inventario de repuestos organizado.

Como consecuencia de lo anteriormente expuesto, mucha de la maquinaria tiene un marcado nivel de deterioro.

Se conservan manuales de fabricante de algunos equipos de otros no se tiene ni idea. La razón para ello, radica en la antigüedad de alguna maquinaria. Dicha situación se repite para los historiales de falla. La falta de documentación en este sentido es total.

Una fuente de información consultada, fue entrevistar a los mecánicos, junto con la recolección de la información que se encontraba suelta y centralizándola en un sólo lugar.

La justificación de un PMP no solo radica en la necesidad de reducir los costos de producción y en que los equipos trabajen eficientemente. También es importante lo que se puede evitar. Esto es:

- Contaminación ambiental. El trabajo ineficiente de equipos como un molino, produce contaminación (en este caso, ruido) que hacen incomoda la vida de los vecinos.
- Accidentes humanos. El desajuste o descuido, puede provocar que la gran fuerza y velocidad con que trabajan algunas máquinas, sean de alto riesgo.
- Daños irreparables de los equipos. Cuando algunas partes de los equipos concluyen su vida útil por desgaste u otras causas, pueden dañarse de manera instantánea e irreparable, produciendo una cadena de fallas, que no se hubieran presentado con una inspección programada y una modificación a tiempo.
- Paros imprevistos de la producción. Cuando una falla se da de manera imprevista, puede hacer que los programas de entrega del producto tengan que ser atrasados o anulados. Es obvio que esto traerá importantes pérdidas económicas, y de prestigio.

La planta cuenta con algunos repuestos tales como fajas, rodamientos, etc, que están disponibles, por si se presenta una falla. Estos repuestos han sido comprados por el carácter de importancia de las máquinas que lo requieren, pero sin embargo algunas veces pasan mucho tiempo almacenados y son de un alto costo. Esto se evitaría llevando un control y un mantenimiento programado de los equipos. Así cuando se requiera que la parte de equipo sea reemplazado pueda adquirirse sin necesidad de que permanezca mucho tiempo en bodega.

Además por medio de un archivo técnico de las máquinas, es posible conocer con exactitud los repuestos requeridos y a qué máquinas corresponde.

La codificación apropiada de los equipos y el control de los trabajos realizados, son también parte de un buen manejo de la información. Un PMP tiene la ventaja de que puede ser actualizado y la información almacenada

ordenadamente. Si se cuenta con un software de computadora apropiada puede evitarse además el exceso de papeleos y se favorece la búsqueda rápida de información.

## **2. Objetivos generales**

- Dejar la inquietud en la empresa Faryvet de la necesidad de implementar una herramienta tan básica como lo es el Mantenimiento Preventivo.
- Crear conciencia al personal de la importancia de la cultura preventiva en la empresa.
- Documentar manuales e información técnica a cerca de las máquinas involucrados en el plan.

## **3. Objetivos específicos.**

- Desarrollar un Programa de Mantenimiento Preventivo piloto para una de las mezcladoras usadas en la fabricación de premezclas vitamínicas.
- Maximizar los recursos con los que cuenta el área de mantenimiento.
- Reducir el tiempo muerto en producción, al reducir las fallas de los equipos.
- Mejorar las condiciones de las máquinas, para así aumentar la vida útil de los mismos evitando el deterioro excesivo o prematuro.
- Reducir los costos por reparaciones en los equipos, evitando que al fallar una de las partes puedan existir problemas con otras partes del equipo.



#### 4. Marco conceptual

El mantenimiento preventivo es un tipo de mantenimiento basado en la ejecución de inspecciones periódicas, a las maquinas e instalaciones en forma planificada, programada y controlada. Con el objetivo de detectar desgastes o desajustes conducentes a fallas, de manera que se puedan corregir antes de que ocurra la falla.

Una inspección es una operación realizada por parte de un especialista (mecánico, electricista, electromecánico, refrigeración, calderero, etc.), con el fin de detectar las fallas y poder retroalimentar el historial del equipo.

Existen dos tipos de inspección. La primera es aquella que se realiza con la máquina parada y que necesita de algún desarme u observación directa de la parte a inspeccionar. La segunda, es la realizada con la máquina en marcha y tiene que ver con los parámetros de funcionamiento del equipo (corriente, voltaje, potencia, ruidos anormales, etc.)

Para planificar una inspección se debe definir primero el objetivo de la misma el cual generalmente esta orientado a examinar el componente y determinar el tipo de revisión. Después de definido lo anterior se procede a definir la orientación, la cual se refiere a la acción que debe tomar el operario después de realizada la inspección. Existen, principalmente tres tipos de orientación, a saber:

**Reportar.** Esta se utiliza cuando la corrección del desgaste implica un trabajo mayor. Bajo este tipo de orientación, el operario no realiza ninguna corrección. En esta únicamente se verifica el estado del componente y se reporta al director del programa. Con el reporte, se pretende controlar el incremento del desgaste. El reporte se analiza y se determina si requiere corrección. Si requiere corrección se realiza fuera del período de inspección, en la medida de lo posible.

**Corregir si es necesario.** Este tipo de inspección se basa en el “Criterio Preventivo”. El cual es inherente a la persona encargada de ejecutar las inspecciones, y es un concepto que implica un análisis técnico del componente que se esta inspeccionando, para tomar la decisión de cambiarlo o dejarlo funcionando. Si se requiere corrección se realiza inmediatamente, dentro del tiempo de inspección.

**Cambiar.** Bajo este tipo de orientación, el operario cambia el componente, sin mayor análisis.

### **Características del Mantenimiento Preventivo.**

Este tipo de mantenimiento es implementado por medio de un Programa de Mantenimiento Preventivo (PMP). Como lo establece claramente su definición, el mantenimiento preventivo requiere para su funcionamiento de una adecuada organización, ya que involucra acciones antes y después de efectuar una inspección.

Acciones antes, por cuanto se tienen que programar los trabajos analizando todos los aspectos, tales como coordinación con producción, con el propio personal de mantenimiento, con bodega de materiales y con cualquier otro departamento involucrado en la inspección.

Acciones después, al tener que analizarse toda la información que resulta una vez realizadas las inspecciones, anotando en los documentos, que lleven el historial de las máquinas, los trabajos mas importantes, además de estudiar dicho historial para ajustar frecuencias y mejorar el programa.

La implementación del programa varía dependiendo de la empresa en donde se desee implementar, especialmente los aspectos referidos a la disponibilidad que pueda tener mantenimiento para realizar las inspecciones con máquina parada y las posibilidades económicas de la empresa.

Estos dos aspectos hacen que existan Programas de Mantenimiento Preventivo más especializados que otros, además, es importante tener presente que al hablar de Mantenimiento Preventivo, a pesar de existir un procedimiento para su implementación y objetivos generales, este no debe entenderse como una estructura rígida, mas bien debe ser flexible, de modo que con los recursos disponibles, aun siendo mínimos, es factible implementar un Programa de Mantenimiento Preventivo.

Cuando se habla de recursos mínimos, se debe entender que mantenimiento dispone recursos, tales como materiales, repuestos, posibilidad de contratar personal, no en la cantidad ideal pero si la necesaria para trabajar en condiciones normales.

En estos casos el “criterio preventivo” toma mayor importancia, pues existe la necesidad de sustituir solo las piezas que realmente estén mal. No se debe limitar al Mantenimiento Preventivo a decir “las siguientes piezas se

deben cambiar”, sino que la inspección se oriente hacia la revisión, especificando cambio o reparación, según el estado encontrado.

Un programa de Mantenimiento Preventivo, especialmente en su primera etapa requiere de un seguimiento detallado. La persona que esta a cargo del programa, debe verificar que la realización de la inspección se este efectuando de acuerdo con lo establecido. Esta relación directa con la realidad del programa, le permitirá al encargado del programa compenetrarse con el mismo y realizar los ajustes que sean necesarios.

Dicho seguimiento “paso a paso” hará efectivo un mejoramiento del programa paralelo al avance del mismo. Otra razón de dicho seguimiento, es para ir creando una mentalidad preventiva en las personas que ejecutan las inspecciones.

La mentalidad preventiva es un concepto que indica, que las inspecciones deben realizarse a conciencia, en forma cuidadosa, de modo que realmente se pueda detectar una deficiencia.

El seguimiento, también permite instruir a los operarios que ejecutan las inspecciones en cuanto a la forma en que deben suministrar la retroalimentación técnica sobre las inspecciones realizadas.

## 5. Metodología

Para la elaboración del Programa de Mantenimiento Preventivo se siguió una serie de etapas que se explican a continuación:

1. Período de observación.
2. Valorar el grado de deterioro del equipo.
3. Seleccionar el equipo que forma parte del PMP.
4. Estudio técnico del equipo seleccionado.
5. Dividir las máquinas en partes.
6. Dividir las partes de máquinas en subpartes.
7. Codificación del equipo.
8. Limpieza y ajuste de equipos.
9. Elaboración del manual de mantenimiento preventivo.
10. Determinar los repuestos de P.M.P.
11. Elaboración del Gantt Anual.
12. Organizar la ejecución de las inspecciones.
13. Definir estrategias para la implementación del P.M.P.

### **Período de observación.**

Tal es la importancia de la observación de los equipos, tanto de su funcionamiento como de los fallos que en ellos se dan continuamente, que se ha hecho imprescindible alargar este proceso más tiempo de lo estimado.

El período de observación se ha basado principalmente en acompañar a los mecánicos cada vez que ellos realizan un trabajo, o a los operarios mientras las máquinas funcionan adecuadamente; en ambos casos se ha tomado nota e incluso ayudado cuando se requiere.

### **Valorar el grado de deterioro del equipo.**

Una vez que se logra cierto grado de familiarización con el equipo se debe ser más crítico y minucioso con las observaciones.

Ante la falta de cualquier tipo de programación en el mantenimiento del equipo, se aprecian una serie de problemas, entre ellos: falta de lubricación (por lo tanto desgaste de componentes), tornillos flojos, exceso de suciedad (esto es especialmente problemático en áreas donde hay filtros para que el aire entre limpio y dé ventilación a los motores y a las cajas controladoras), dispositivos electrónicos al descubierto, fallas inesperadas del equipo, ruidos extraños que no son notificados a los encargados del mantenimiento, gran

tiempo muerto cuando el mecánico no se encuentra en la empresa y se debe esperar largo tiempo para la reparación del equipo dañado.

A pesar de éstos inconvenientes las máquinas seleccionadas para el programa muestran un grado de deterioro normal y manejable para el programa.

### **Seleccionar el equipo que forma parte del P.M.P.**

Debido a lo crucial para el proceso productivo, escogieron las mezcladoras usadas para la fabricación de los productos de premezclas vitamínicas.

**Tabla 3. Máquina seleccionada para el manual de mantenimiento preventivo**

<b>Nombre de máquina</b>	<b>Código</b>
Mezcladora horizontal	A 101

Es un equipo con capacidad para 1200 kg, fabricada en hierro dulce. La máquina consiste de tres tolvas, en la primera se realiza el zarandeo del producto, en la segunda el mezclado del mismo y separada por una compuerta se encuentra la tercera encargada de su descarga. El sistema de zarandeo está conformada por un motor, la malla filtradora y la tolva de zarandeo. El sistema de zarandeo es el encargado de filtrar y separar en partes pequeñas las porciones de materia prima que son aglomeradas. Por este sistema se produce la carga de los materiales. La transmisión de la potencia entre el motor y el eje de la zaranda es por medio de poleas. Debido a su disposición de compuerta el sistema permite ser obviado cuando la materia prima no necesita ser zarandeada por su alta fluidez. El sistema de mezclado realiza la mezcla de las premezclas y concentrados creados en la empresa. Consiste en un motor y reductor (transmisión por fajas) que le transmite el giro a un eje unido a una biela helicoidal ubicada dentro de la tolva principal (mezcladora) que ocupa la mayor parte del espacio interior de la misma, por medio de una transmisión de doble cadena. El sistema es controlado por un sistema manual de botoneras de arranque-para.

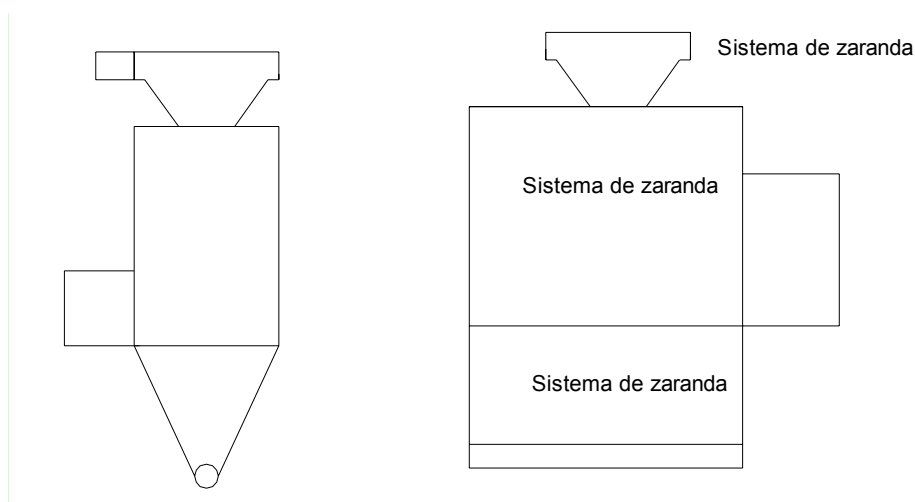
El tiempo de mezclado es monitoreado por el operario a cargo de la máquina y depende del producto a mezclar.

El sistema está separado de la descarga por medio de compuertas, que deben cerrarse para el mezclado.

Al abrir las compuertas de la tolva mezcladora, la cámara de descarga se llena con el producto, el cual es llevado a la salida por medio del giro de un tornillo sin fin, dentro del canal de desahogo, que permite el llenado de los sacos. Este sistema es controlado mediante un temporizador, que, basado en cálculos anteriores es programado para que el saco quede con la mejor aproximación a su peso correcto.

Para un control de la materia que cae en el canal de desahogo de manera que no se sature, éste tiene compuertas que se deben abrir o cerrar según la cantidad de producto que se debe evacuar.

El sistema está compuesto por un moto-reductor y eje de tornillo sin fin.



**Fig. 9. Esquema de la mezcladora escogida.**

### **Estudio técnico del equipo seleccionado**

La familiarización con el equipo se logró mediante la observación en funcionamiento, junto con entrevistas tanto al mecánico como a los operadores.

Como actividad complementaria, se realizó un análisis modo efecto falla, para lograr un entendimiento de los componentes que podrían llegar a posibles fallas.

Un modo efecto falla podría definirse como cualquier evento que es probable causa para que falle un recurso. Sin embargo, es mucho más preciso distinguir entre una falla funcional (un estado fallado) y un modo de falla (un

evento que podría causar un estado fallado). Esta distinción lleva a la siguiente definición más precisa de un modo de falla:

“Un modo de falla es algún evento que causa una falla funcional”.

La mejor manera de mostrar la conexión y la distinción entre los estados fallados y los eventos que podrían causarlos, es listar fallas funcionales primero, entonces grabar los modos de falla que podrían causar cada falla funcional.

Una descripción de un modo de falla debe consistir en un nombre y un verbo. Debe contener bastante detalle para que sea posible seleccionar una estrategia de dirección de falla apropiada, pero no tanto detalle que se gastan cantidades excesivas de tiempo en el propio proceso del análisis.

Como no existen manuales de fabricante para las mezcladoras se decidió crear uno, donde se detalla procedimientos recomendados de mantenimiento, junto con la lista de repuestos necesarios para la máquina así como datos útiles para la correcta operación de la misma.

Éste manual servirá de complemento para en manual de mantenimiento preventivo creado para dichos equipos.

### **Dividir las máquinas en partes.**

Como conclusión de las observaciones, entrevistas y el AMEF, se decidió dividir las máquinas en las siguientes partes, esta clasificación es similar para ambas máquinas, la diferencia radica en el código de la máquina:

**Tabla 4. División de la máquina en partes.**

<b>Nombre de parte</b>	<b>Código</b>
Zaranda	A101-Z
Mezclado	A101-M
Descarga	A101-D

### **Dividir las partes de máquinas en subpartes.**

Para esta división se utilizó el mismo procedimiento usado para la división de la máquina en partes, el código de la máquina, el de la parte y un consecutivo por parte.

**Tabla 5. División de la máquina en subpartes.**

<b>Nombre de subparte</b>	<b>Código subparte</b>
Motor de zaranda	A101-Z-01
Eje Zaranda	A101-Z-02
Malla	A101-Z-03
Tolva	A101-Z-04
Motor mezcladora	A101-M-01
Reductor	A101-M-02
Eje Mezcladora	A101-M-03
Moto-Reductor descarga	A101-D-01
Eje Tornillo sin fin	A101-D-02

### **Codificación.**

Con el fin de organizar de forma más fácil la programación de mantenimiento preventivo se recurrió a un sistema de codificación que abarca la identificación de la máquina y el número de inspección que se le realiza en forma continua creciente, establecida en el manual de mantenimiento preventivo. La empresa cuenta con un sistema de codificación dado por el Colegio de Ingenieros Químicos de Costa Rica, donde en una tabla definen las letras y números que se deben usar para la codificación de los equipos. Ver anexo 5.

### **Elaboración del Manual de Mantenimiento Preventivo**

En el MMP se reúne toda la información acerca de las máquinas en forma de inspecciones. En nuestro caso el MMP. Está formado por:

- Equipo y código.
- Codificación de partes.
- Código de inspección.
- Descripción de la inspección.
- Frecuencia de la inspección.
- Duración de la inspección.
- Operarios por inspección (cantidad y especialidad).



Esta información se organizó en forma de tabla para una mayor comodidad en relación al manejo que se le debe dar por parte del personal que forma parte del PMP.

***Equipo y código:***

Es el nombre del equipo y su respectiva codificación.

***Codificación de partes:***

Se describe la codificación de cada una de las partes.

***Código de inspección:***

Se le asignó a cada máquina un número de inspección del 1 en adelante, para que sea de fácil manejo y entendimiento por parte de los involucrados en el PMP.

***Descripción de la inspección:***

Se define las inspecciones que se consideren necesarias y pertinentes, para cada una de las subpartes, de esta forma, poco a poco, se creará una lista de inspecciones de toda la máquina. Esta descripción es lo más resumida posible.

***Frecuencia de la inspección:***

La frecuencia se refiere al “número de veces” que la inspección se deberá realizar, dentro de un tiempo de referencia (se toma como referencia un año). El periodo se refiere a “cada cuanto” se tiene que realizar la inspección. (D: diario, S: semanal, T trimestral, E: semestral, A anual, Q: Quincenal, M: mensual ).

Los periodos que se dan en el MMP se puede determinar mediante los siguientes criterios:

- Recomendaciones del fabricante de la máquina (catálogos o manuales).
- Ambiente que rodea la máquina.
- Horas de funcionamiento.
- Intensidad de funcionamiento.
- Historial.
- Experiencia del personal técnico: Jefes de taller, mecánicos, electricistas, operarios.
- Costo de la falla.
- Posibilidad de que ocurran daños humanos.

- Daños del medio ambiente.
- Ocurrencia de fallas en cadena.
- Juicio del diseñador del PMP.

Es necesario comprender que las frecuencias definidas para iniciar el PMP, estarán sujetas a modificación conforme el PMP se ejecuta. Solamente a través de la experiencia generada es que se pueden tener frecuencias definidas.

***Duración de la inspección:***

Se refiere a la duración estimada para ejecutar cada inspección. Se debe determinar para cada inspección su duración.

***Operarios por inspección (Cantidad y especialidad):***

Se refiere a la cantidad y especialidad de los operarios para ejecutar cada inspección. Se determinó para cada inspección, la cantidad y especialidad de los operarios requeridos para ejecutarla. En este proyecto se indica la cantidad y el código de la especialidad 1M: 1 mecánico, 1E: 1 Eléctrico, 1OP: 1 operario.

**Elaboración del Gantt Anual.**

Este tipo de programación consiste en un gráfico de trabajos contra tiempo. Ver anexo

En este se indica cada una de las semanas numeradas en orden del 1 al 52, donde se organizan las inspecciones correspondientes a cada uno de los equipos incluidos en el PMP. Se creó un archivo en excel. Ver anexos.

El Gantt se organizó por medio de inspecciones, es decir se colocó el código de inspección en la columna de la izquierda.

Dentro del cuadro aparece la duración de la inspección en minutos. El cuadro que aparece en **negrita** significa que la inspección es realizada por el operario de la máquina, así el encargado del programa tiene una idea de las personas que deben realizar las inspecciones esa semana.

Las inspecciones están programadas de mayor a menor frecuencia.

La disponibilidad para el mantenimiento se determinó mediante los siguientes cálculos.

**Tiempo de no producción: (TNP)**

Se refiere a las horas o minutos por semana, que las máquinas están paradas, según el horario de trabajo de la empresa.

En esta empresa se labora 5 días a la semana 8 horas diarias, esto 50 semanas al año.

El personal de mantenimiento lo conforma 1 técnico electromecánico, que trabaja de lunes a martes de jueves a viernes 3 horas diarias, el miércoles

La disponibilidad de Mantenimiento Preventivo (DMP) se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$DMP = TED(e) - TOT$$

TED : Tiempo electromecánico disponible.

TOT: Tiempo para otros trabajos. En este caso es cero.

En caso de la empresa el cálculo es el siguiente:

$$TNP = \frac{12h}{semana} = \frac{720 \text{ min}}{semana}$$

$$TED = 1 \text{ EM}$$

$$TED(e) = TNP * TED = \frac{720 \text{ min} * EM}{semana}$$

$$DMP = TED (e) = \frac{720 \text{ min} * EM}{semana}$$

Es la cantidad de operarios de mantenimiento que son responsables de realizar las inspecciones.

Si existen inspecciones no programadas (nuevas inspecciones), se deben valorar y decidir si es necesario ejecutarlas o no.

Si se decide que es necesario ejecutarlas, se debe (en caso necesario) aumentar la DPM, incrementando alguno de los dos factores que intervienen en su cálculo, y elaborar nuevamente el Gantt.

Este proceso de aumentar la DMP, elaborar el Gantt Anual y verificar las inspecciones programadas, se repite tantas veces como sea necesario, hasta que sean programadas todas las inspecciones que forman el PMP.

De lo anterior se deduce la gran importancia de utilizar la computadora en la elaboración del Gantt Anual. En este sentido, existen en el mercado software que pueden facilitar y agilizar la elaboración del Gantt Anual, el diseño y la administración de un PMP.

El encargado del programa debe conocer los tipos de papelería, debe saber donde ir y como reportar la ejecución del trabajo, para lo cual se realizó un diagrama columnar de la intervención de la "OT".

En casos de emergencia, en la que la solicitud de trabajo es verbal, se debe garantizar que luego de la emergencia la solicitud de trabajo sea hecha

por escrito, para que exista un registro formal de la misma. una supervisión y registre el documento “OT”.

## **6. Procedimiento seguido para la ejecución del Mantenimiento Programado**

1) Se coordina con el encargado de producción la fecha de la inspección, de acuerdo con la disponibilidad del equipo y de los mecánicos.

Es importante saber de antemano, las características que identifican comercialmente al repuesto o parte a revisar, con el fin de contar con estos cuando se necesiten, así evitar atrasos en el mantenimiento por falta de los mismos, por lo cual, antes de realizar el Mantenimiento Programado se verifica si existen estos repuestos en bodega, de lo contrario se aprovecha el tiempo de la inspección para anotar información y sus características para solicitarlos y mantener la cantidad requerida en el departamento de suministros.

2) Se realiza un inventario de la cantidad de repuestos disponibles en la bodega de suministros de la empresa. Se busca saber si existen todos los repuestos que potencialmente se puedan utilizar, de lo contrario se procede a realizar los trámites correspondientes para la adquisición de los mismos.

3) El día de la inspección, si es necesario realizarle mantenimiento al equipo, se procede siempre y cuando se cuente con el tiempo y los repuestos suficientes para hacerlo. De lo contrario se programa otra fecha. Cuando el técnico ha realizado la inspección, escribe una retroalimentación técnica de lo realizado, reportando alguna inspección o corrección que se deba programar para alguna otra fecha.

### ***Disponibilidad por semana para el PMP.***

Para ejecutar el Programa de Mantenimiento Preventivo es necesario disponer de las máquinas a inspeccionar, y a la vez, contar con las personas que realizarán esas inspecciones.

#### ***1. Según operarios disponibles.***

Se cuenta con un mecánico. Se dispone del mecánico durante 24 horas semanales, dedicado para la ejecución de algunas de las inspecciones correspondientes a la semana. Para otras inspecciones rutinarias se capacitarán a los mismos operarios de la máquina para su realización.

## *2. Según disponibilidad de la maquinaria.*

En cuanto a las máquinas, existe una buena disposición por parte de los superintendentes de producción para dedicar tiempo al Mantenimiento Preventivo. La empresa labora de lunes a jueves con lo que se cuenta con el viernes y el sábado para realizar las inspecciones.

### ***Realizar un programa de capacitación del personal de mantenimiento.***

Para llegar a establecer un Programa de Mantenimiento Preventivo en la empresa, es necesario crearle a las personas relacionadas con el proceso productivo una mentalidad preventiva, es decir, informarles que el propósito final de este tipo de mantenimiento es realizar una serie de inspecciones periódicamente, a los equipos con el fin de detectar cualquier anomalía en su funcionamiento que luego provoque una falla en el mismo y termine con un paro no programado de la producción.

Contrario al procedimiento seguido hasta este momento, se pretende con el Mantenimiento Preventivo disminuir la cantidad de fallas en los equipos.

- Realizar reuniones para explicar en que consiste un PMP.
- Hacer notar la importancia de las inspecciones.
- Si es posible proyectar un documental sobre MP.

### **Tipos de documento a realizar**

#### ***Orden de trabajo:***

Documento que permiten solicitar y autorizar la realización de trabajos

#### ***Hoja de datos técnicos:***

Documentos que permitan registrar toda la información relacionada con los datos técnicos e historial de las máquinas. Motivo:

En la actualidad la empresa no tiene un sistema ágil ni adecuado para la documentación lo que causa una deficiente operación en este campo.

Existen deficiencias en comunicación interna que originan atrasos o imprevistos en los pedidos, no se controla adecuadamente el costo de mano de obra. Se pretende hacer un programa de mantenimiento preventivo, poseer historial de maquinaria y ordenes de trabajo adecuadas para esto.

Tener una base más clara para realizar presupuestos de reparaciones e inversiones futuras.

Recursos:

Este trabajo lo llevara a cabo la oficina de mantenimiento con el aporte y sugerencias de los departamentos implicados con este trabajo.

### **Orden de trabajo**

La orden de trabajo (O.T) es el documento que permite generar todo el sistema de información de mantenimiento, su diseño debe ser de tal forma que la información que contenga sea clara tanto para la persona que realiza el mantenimiento, como para todo el ente administrativo que halla detrás de ella.

La O.T. es el generador del costo, por lo tanto es el documento que me permitirá evaluarlo y controlarlo. El procedimiento administrativo debe ser bien claro y de uso obligatorio si se requiere tener un buen control.

Para realizar una correcta función la orden de trabajo debe contar con lo siguiente:

#### *Papelería de trabajo:*

El sistema de mantenimiento puede funcionar muy bien con pocos documentos de control, el tener muchos documentos o formatos asociados generalmente, hace tediosa y lenta la tarea.

### **Fichas técnicas de maquinaria**

**Objetivos:** Las fichas técnicas de un equipo tienen como objeto dar la información sobre las características que lo definen y los diferencian de los demás, además estas características son las que determinan su uso dentro del proceso de producción.

#### **Diseño de fichas técnicas:**

Dentro del sistema de información las ficha técnicas identifican al grupo de máquinas instaladas y deben agruparse de tal forma. Se dividen en varios grupos como son: equipo mecánico, equipo eléctrico, instrumentos de medición y control, equipo electrónico.

El sistema para información de fichas técnicas será alimentado a un computador por medio de una base de datos con un código que identifique plenamente la estructura.

## **7. Recomendaciones:**

- Crear el departamento de ingeniería de la planta, el cual se encargará del control del mantenimiento de la empresa.
- Implementar y dar seguimiento, para actualizar, el Programa de Mantenimiento Preventivo con el fin de disminuir las paradas no previstas de los equipos de producción.
- Crear un sistema de incentivos para los mecánicos, teniendo en cuenta la reducción de las paradas en los equipos de producción.
- Desarrollar e implementar un sistema de control de inventario de repuesto y con sus resultados aumentar el almacenamiento de repuestos en bodega debido a la escasez existente.
- Reunir y archivar toda la información referente a los trabajos de mantenimiento realizados para posteriores estudios.
- Nombrar un Jefe de mecánicos para que se encargue de programar las inspecciones y se haga responsable de darle seguimiento al Programa de Mantenimiento Preventivo, así como del estado de las máquinas.
- Crear conciencia al personal de producción de la importancia del mantenimiento preventivo como práctica habitual.

## **8. Conclusiones:**

1. La organización del mantenimiento es vital en las empresas que desean mejorar y competir abiertamente.
2. El mantenimiento preventivo genera grandes ventajas y situaciones positivas a las empresas.
3. Con la programación del mantenimiento la calidad de los productos no se ve afectada.

## **TERCER PROYECTO: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA LOS MOTORES USADOS EN LAS MEZCLADORAS DE PRODUCTOS VITAMÍNICOS**

### **1. Justificación**

Como se ha mencionado, con la compra de la nueva planta se necesita realizar la nueva instalación de los equipos de la empresa. Las mezcladoras que se encuentran actualmente en las antiguas instalaciones, deben ser llevadas a la planta actual, para ello se debe acondicionar la sección para realizar el montaje lo más rápidamente posible. Es por esto que surge la necesidad de realizar una instalación para los motores que operan a la mezcladora.



## **2. Objetivos generales**

- Diseñar la instalación eléctrica de las nuevas instalaciones de la empresa de acuerdo en el NEC.

## **3. Objetivos específicos**

- Seleccionar los conductores adecuados para la instalación de los motores.
- Seleccionar las sobrecargas correctas para la protección del equipo.
- Seleccionar los arrancadores correctos para cada motor.

#### 4. Marco conceptual

Hay diferentes tipos de motores, como los de corriente directa, los monofásicos y los trifásicos. Se utilizan distintas tablas para determinar la corriente de plena carga para los diferentes tipos de motores: la Tabla 430-147, da la corriente de plena carga de los motores de corriente directa; la tabla 430-148, suministra en cambio los valores de corriente de plena carga para los motores monofásicos; y la Tabla 430-150, da los valores para los motores trifásicos. Las tablas dan los valores mencionados de corriente en función del caballaje y voltaje de los respectivos motores. Es importante observar que conforme a la Sec. 430-6(a) del NEC, las corrientes suministradas por las tablas antes dichas deben utilizarse para determinar el calibre de los conductores de alimentación del motor y la capacidad de corriente de la protección de corto circuito del motor en vez de usar el valor de la corriente de placa del motor. Para determinar en cambio la protección de sobre carga, el valor de corriente de la protección contra sobrecargas, se utiliza la corriente de placa del motor.

La Tabla 430-147 se explica por si sola y no requiere mayor aclaratoria. En las Tablas 430-148 y 430-150, hay que darle atención a las notas que preceden a las tablas. Particularmente en la Tabla 430-150, los valores de corriente de la columna de 230v deben aumentarse en un 10% si el motor se conecta a 208v y en un 15%, si el motor se conecta a 200v. La parte derecha de la tabla se refiere a los motores sincrónicos. Las corrientes corresponden a motores sincrónicos con factor de potencia unitario. Puesto que, frecuentemente, se hace trabajar a estos motores sobreexcitados con factor de potencia adelantado de .9 o de .8, la corriente de plena carga será mayor. Por consiguiente, si el motor sincrónico trabaja con factor de potencia .9, la corriente de la tabla deberá aumentarse en un 10% y si el motor trabaja con factor de potencia .8, la corriente de plena carga se aumentara en un 25%.

**Conductores 430-22(a); 110-14(c); Tabla 430-148; Tabla 430-150; Tabla 310-16.**

El NEC en su Sec.430-6(a) establece que el calibre de conductores para la conexión de motores se escoge con base en los valores de corriente de las Tablas 430-147-148 -150 en vez de la corriente de placa del respectivo motor.

La Sec.430-22(a) establece que los conductores que alimentan un motor deben tener una capacidad de corriente no menor del 125% de la corriente a plena carga del motor. Al efecto, se utiliza la Tabla 310-16. Otro factor a tomarse en cuenta en la determinación del calibre de los conductores de alimentación es la temperatura nominal de los dispositivos y los terminales involucrados en el circuito del motor como especifica la Sec. 110-14(c). Esta sección establece que los conductores sean seleccionados de manera de no exceder la temperatura mínima nominal de cualquier terminal conectado, cualquier conductor conectado o cualquier dispositivo conectado.

Esto significa que indiferentemente de la temperatura nominal de los conductores escogidos, la capacidad de corriente se seleccionará de una columna que no exceda la temperatura mínima nominal de los terminales, terminaciones, conectores y dispositivos del respectivo circuito.

Ocasionalmente, esta temperatura nominal puede aparecer en el dispositivo, pero esto es la excepción y no la regla. Como regla general, la temperatura nominal de cualquier dispositivo, no excede los 75°C.

Cuando la temperatura nominal de la terminación no es conocida o no aparece en los estándares de U.L., la Sec. 110-14© establece que para circuitos de 100 amperios o menos o para conductores del # 14 AWG al # 1 AWG, la capacidad del cable, independientemente de su temperatura nominal, se escogerá de la columna de 60°C. Esto no significa que sólo los tipos de aislamiento que aparecen en la columna de 60°C pueden usarse, sino que la capacidad de corriente debe escogerse de dicha columna.

La Sec. 110-14©(1)(d) tiene una provisión especial para motores marcados con códigos de diseño NEMA B,C,D, o E. Esta sección establece que conductores con temperatura nominal de 75°C o más pueden seleccionarse de la columna de 75°C para ser usados para alimentar estos motores, aún si la corriente es menor de 100 amperios. Esta regla no se aplicará para motores que no tengan un código de diseño NEMA en su placa.

La mayoría de motores fabricados antes de 1996 no lo tendrán. Este código de diseño no debe confundirse con la letra de código que indica el tipo de barras de la jaula de ardilla del motor.

### **Protección de sobrecarga 430-32; 430-34; 430-35(a) y (b)**

Para determinar la protección de sobrecarga de un motor, debe utilizarse la corriente de placa del motor, conforme a la Sec. 430-6(a), en vez de los valores de corriente de las tablas 430-147-148- 150. Otros factores tales como el factor de servicio (SF) o el incremento de temperatura (°C) del motor deben también utilizarse para determinar esta protección. El incremento de temperatura del motor es una indicación del tipo de aislamiento usado en los devanados del motor y no debe confundirse con la temperatura nominal de terminaciones de la Sec. 110-14(c). La Sec. 430-32 en sus partes (a), (b) y (c) se utiliza para la determinación de la corriente de disparo de la protección de sobrecarga, como porcentaje de la corriente de placa del motor.

Si por alguna razón este valor de disparo no permite que el motor arranque, la Sec. 430-34 permite incrementar este valor hasta un 140% para el motor. Si aún así el motor no logra arrancar, la protección se puede puentear durante la fase de arranque, conforme a la Sec. 430-35(a) y (b).

### **Determinación de la corriente a rotor bloqueado. Tabla 430-151 (,4); Tabla 430-151 (B)**

Hay dos métodos para encontrar la corriente a rotor bloqueado (corriente de arranque) de un motor a jaula de ardilla, dependiendo de la información disponible. Si la placa indica letras de código (que van de la A a la V), ellas indican el tipo de barras del rotor. El tipo de barras varía con la aplicación a que el motor está destinado. Y el tipo de barra es ampliamente responsable del valor de la corriente a rotor bloqueado. La Tabla 430-7(b) da las diferentes letras de código y los relativos kilovoltamperios por caballo a rotor bloqueado.

La corriente de arranque se encuentra multiplicando los kva / hp por los hp del motor y luego dividiendo por el voltaje aplicado. Las corrientes a rotor bloqueado para motores monofásicos se determinan mediante la Tabla 430 151(A) y las de los motores trifásicos con código de diseño NEMA, se determinan usando la Tabla 430-151(B).

**Protección de corto circuito Tabla 430-152; 450-52(c)(1); 430- 7(a)(9); Tabla 430-150 .**

El valor de la protección de corto circuito para un motor viene determinado por la Tabla 430-152. La columna de la izquierda indica el tipo de motor a proteger. A la derecha de esta, hay cuatro columnas que indican cuatro tipos de protecciones de corto circuito: fusibles sin retardo de tiempo; fusibles de elemento dual y tiempo diferido; breakers de disparo instantáneo y breakers de tiempo inverso. Aunque es permisible usar fusibles sin retardo y breakers de disparo instantáneo, generalmente los motores están protegidos por fusibles de tiempo diferido o bien breakers de tiempo inverso.

Cada una de estas columnas indica un porcentaje de la corriente del motor que debe usarse para determinar la capacidad de corriente de la protección. La corriente que aparece en la tabla apropiada para cada tipo de motor es la que debe usarse y no la corriente de placa del motor. La Sec. 430-52©(1) establece que la protección no debe exceder el valor obtenido de la Tabla 430-152.

La Excepción 1 de esta sección, sin embargo, establece que si el valor obtenido no corresponde a un tamaño estándar de fusible o breaker (Sec.240 6), se podrá usar el tamaño estándar inmediato superior.

Comenzando en 1996, la Tabla 430-152 lista los motores de jaula de ardilla con base en su código de diseño NEMA en vez de letras de código. La Sec. 430-7(a)(9) requiere que las placas de los motores que estén marcadas con las letras B, C, D o E. Sin embargo, los motores fabricados antes de este requerimiento no indicaban letras de diseño en sus placas. No obstante la mayoría de los motores de jaula de ardilla usados industrialmente caen bajo la clasificación de diseño B y para efectos de escoger protección de corto circuito, se consideran ser diseño B a menos que tengan otra designación en la placa.

Los motores con diseño E, tienen una pequeña mejora en la eficiencia con respecto a los otros motores pero también tienen mayor corriente de arranque.

## **Circuito del alimentador principal 430-24; 430-62(a)**

### **Calibre de los conductores**

El calibre del alimentador principal se calcula multiplicando la corriente de plena carga del motor mayor por 125% y sumando las corrientes de plena carga de los demás motores (nos referimos a las corrientes de plena carga determinadas por las Tablas 430-148-148-150), como lo determina la Sec. 430-24.

### **Protección de corto circuito**

El dimensionamiento de la protección de corto circuito del alimentador principal lo determina la Sec. 430-62(a) que establece que la capacidad de la protección no debe ser mayor que la capacidad de corriente de la protección de corto circuito del motor mayor, más la suma de las corrientes de plena carga de los otros motores.

## **5. Determinación de conductores, corrientes de sobrecarga y corriente de cortocircuito.**

Los datos de los motores para los cuales se realizó el diseño eléctrico son:

**Tabla 6. Datos técnicos de los motores**

<b>Código de motor</b>	<b>Potencia (HP)</b>	<b>Fases</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Corriente (A)</b>	<b>Letra</b>	<b>F.S</b>
A101-Z-01	1.5	3	200	6	K	1.15
A101-M-01	20	3	220	52	H	
A101-D-01	3	3	240	9.6		
A102-Z-01	1.5	3	200	6	K	1.15
A102-M-01	10	3	220	27	H	
A102-D-01	3	3	240	9.6		
A103-Z-01	2	3	230	5.6	F	1.15
A103-M-01	50	3	240	130	G	1.15
A103-D-01	3	3	230	8.2	F	1.15

## 6. Cálculos del sistema eléctrico

### **A101-Z-01 y A102-Z-01**

$$I_{PC} = 7.8 \text{ A.}$$

*Conductores*

$$I = 7.8 * 1.25 = 9.5 \text{ A.}$$

Uso 3 cables THHN # 12. más uno # 12 para tierra.

*Protección sobre carga*

$$I = 6 * 1.25 = 7.5 \text{ A.}$$

*Protección corto circuito: interruptor tiempo inverso*

$$I = 7.8 * 2.5 = 19.5 \quad \text{Uso breakers de 20 A.}$$

*Corriente motor bloqueado*

$$I = \frac{8.5 * 1.5 * 1000}{\sqrt{3} * 200} = 36.8 \text{ A}$$

### **A101-M-01**

$$I_{PC} = 54 \text{ A.}$$

*Conductores*

$$I = 54 * 1.25 = 67.5 \text{ A.}$$

Uso 3 cables THHN # 4 más un # 6 para tierra.

*Protección sobre carga*

$$I = 52 * 1.25 = 65 \text{ A.}$$

*Protección corto circuito: interruptor tiempo inverso*

$$I = 54 * 2.5 = 135 \quad \text{Uso breakers de mínimo 125 A y máximo 150 A}$$

*Corriente motor bloqueado*

$$I = 6700 * 20 / (220 * 1.73) = 351.66 \text{ A.}$$

### **A101-D-01 y A102-D-01**

$$I_{PC} = 9.6 \text{ A.}$$

*Conductores*

$$I = 9.6 * 1.25 = 12 \text{ A.}$$

Uso 3 cables THHN #12. más un # 12 para tierra.

*Protección sobre carga*

$$I = 9.6 * 1.25 = 12 \text{ A.}$$

*Protección corto circuito: interruptor tiempo inverso*

$$I = 9.6 * 2.5 = 24 \text{ A.} \quad \text{Uso breakers de 30 A.}$$

*Corriente motor bloqueado*

$$I =$$

**A102-M-01**

$$I_{PC} = 28 \text{ A.}$$

*Conductores*

$$I = 28 * 1.25 = 35 \text{ A.}$$

Uso 3 cables THHN #8. más un # 10 para tierra.

*Protección sobre carga*

$$I = 27 * 1.25 = 33.75 \text{ A.}$$

*Protección corto circuito: interruptor tiempo inverso*

$$I = 28 * 2.5 = 70 \text{ A} \quad \text{Uso breakers de 70 A.}$$

**A103-M-01**

$$I_{PC} = 130 \text{ A.}$$

*Conductores*

$$I = 130 * 1.25 = 162.5 \text{ A.}$$

Uso 3 cables THHN # 2/0 y uno #2 para tierra.

*Protección sobre carga*

$$I = 130 * 1.25 = 162.5 \text{ A.}$$

*Protección corto circuito: interruptor tiempo inverso*

$$I = 130 * 2.5 = 325 \text{ A} \quad \text{Uso breakers de 300 A.}$$

*Corriente motor bloqueado*

$$I = 5950 * 50 / (220 * 1.73) = 746.1624 \text{ A.}$$

**A103-D-01**

$$I_{PC} = 9.6 \text{ A.}$$

*Conductores*

$$I = 9.6 * 1.25 = 12 \text{ A.}$$

Uso 3 cables THHN #12. más un # 12 para tierra.

*Protección sobre carga*

$$I = 8.2 * 1.25 = 10.25 \text{ A.}$$

*Protección corto circuito: interruptor tiempo inverso*

$$I = 9.6 * 2.5 = 24 \text{ A.} \quad \text{Uso breakers de 30 A.}$$



*Corriente motor bloqueado*

$$I = 5.295 * 3 / (0.220 * 1.73) = 39.87 \text{ A.}$$

**A103-Z-01**

$$I_{PC} = 6.8 \text{ A.}$$

*Conductores*

$$I = 6.8 * 1.25 = 8.5 \text{ A.}$$

Uso 3 cables THHN # 12. más uno # 12 para tierra.

*Protección sobre carga*

$$I = 5.6 * 1.25 = 7 \text{ A.}$$

*Protección corto circuito: interruptor tiempo inverso*

$$I = 6.8 * 2.5 = 17 \text{ A} \quad \text{Uso breakers de 20 A.}$$

*Corriente motor bloqueado*

$$I = 5.295 * 2 / (0.220 * 1.73) = 27.82 \text{ A.}$$

## 7. Determinación de arrancadores

Luego de determinar el calibre de los conductores y las corrientes de protección, se seleccionaron los arrancadores y unidades térmicas para cada motor.

Para la selección se utilizaron los catálogos de dos marcas: Schneider electric y Cuttler- Hammer. Los arrancadores seleccionados son Nema magnéticos tipos, no reversibles, 3 polos, 600 V máximo con relé de sobre carga. Para cada motor se seleccionó la referencia respectiva según sus características técnicas así como el número Nema indicado.

**Tabla 7. Referencias de los arrancadores seleccionados.**

Motor	HP	A	A sc	Nema	Cutler Hammer	Scneider	Unidad térmica
A101-Z-01	1.5	6	7.5	00	N101BSAD3A	8536SAO12V03	B 12.8
A101-M-01	20	52	65	3	N101ES3R3A	8536SE01V03	CC121
A101-D-01	3	9.6	12	0	N101BS0G3A	8536SB02V03	B 22
A102-Z-01	1.5	6	7.5	00	N101BSAD3A	8536SAO12V03	B 12.5
A102-M-01	10	27	33.75	2	N101CS1L3A	8536SD01V03	B 79
A102-D-01	3	9.6	12	0	N101BS0G3A	8536SB02V03	B 22
A103-Z-01	2	5.6	7	00	N101BSAD3A	8536SA012V03	B11.5
A103-M-01	50	130	162.5	4	N101ES4R3A	8536SF01V03	CC219
A103-D-01	3	8.2	10.25	0	N101BSAG3A	8536SB02V03	B 19.5

## **8. Recomendaciones**

- Solicitar cotizaciones de éstos arrancadores en suplidoras, para su adquisición de los dispositivos.
- Revisar los datos de los arrancadores existentes en la antigua planta para determinar si se ajustan a los requerimientos.
- Incluir los dispositivos antes seleccionados en el plan de mantenimiento preventivo.
- Estudiar sistemas de arranque que reduzcan la corriente de arranque en los motores.

## **9. Conclusiones**

1. La seguridad en las instalaciones eléctricas de motores es indispensable en las industrias.
2. Los sistemas arranque pare agilizan y protegen el proceso productivo.

## Bibliografía

Comité del Código Eléctrico Nacional. Código Eléctrico Nacional (NEC).  
1999

Colegio Federado de Químicos de Costa Rica. Manual para la  
presentación de diagramas, planos y diseños de ingeniería química. 1997.

Morrow R. Mantenimiento Preventivo. Editorial Mac Graw-Hill.

Sanabria Christian y Quirós Carlos. Microsoft Access 97, FUNDATEC,  
1998.

Valverde, Jorge. Folleto de Administración de Mantenimiento, Editorial  
Tecnológica, Cartago, Costa Rica.

## **ANEXOS**

**Anexo1. Nomenclatura para equipo de proceso. Tomado del folleto para la presentación de proyectos del colegio de ingenieros químicos de Costa Rica.**

CLAVE	DESCRIPCION
A	AGITACION - MEZCLADO
B	CALDERA
C	CONDENSADOR
D	SECADOR
E	EVAPORADOS
F	HORNO
G	MANEJO DE GAS
H	CALENTADOR
I	INTERCAMBIADOR DE CALOR
J	RECIPIENTE DE PROCESO DE CHAQUETA
K	COMPRESOR
L	LLENADO - EMPAQUE - EMBALAJE
M	MANEJO DE SECOS
N	MOTORES - TURBINAS
O	OTROS EQUIPOS NO ESPECIFICADOS
P	BOMBAS
Q	QUEBRADOR-TRITURADORES-MOLINOS-CORTADORAS
R	REACTOR
S	SEPARADORES
T	TORRES DE PROCESO
U	UNIDADES DE CONTACTO
V	RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO
W	EXTRUCCION
X	TORRE DE ENFRIAMIENTO
Y	VAPORIZADORES
Z	CRISTALIZADORES

**Anexo 2. Muestra del formato de los informes y diagramas para la base de datos.**













**Anexo 3. Manual de mantenimiento preventivo para la mezcladora A 101**









**Anexo 4. Análisis modo efecto falla para la mezcladora A 101.**





















**Anexo 5. Gantt anual para las inspecciones.**



**Anexo 6. Tabla 430-150 Corriente a plena carga de motores trifásicos  
de corriente alterna, tomada del NEC 1999.**

Potencia (HP)	Jaula de ardilla tipo inducción y rotor devanado. (A)						Factor de potencia unitario de tipo sincrónico* (A)				
	115 V	200 V	208 V	230 V	460 V	575 V	2300 V	230 V	460 V	575 V	2300 V
—	4.4	2.5	2.4	2.2	1.1	0.9	—	—	—	—	—
½	6.4	3.7	3.5	3.2	1.6	1.3	—	—	—	—	—
¾	8.4	4.8	4.6	4.2	2.1	1.7	—	—	—	—	—
1	12.0	6.9	6.6	6.0	3.0	2.4	—	—	—	—	—
1½	13.6	7.8	7.5	6.8	3.4	2.7	—	—	—	—	—
2	—	11.0	10.6	9.6	4.8	3.9	—	—	—	—	—
3	—	17.5	16.7	15.2	7.6	6.1	—	—	—	—	—
5	—	25.3	24.2	22	11	9	—	—	—	—	—
7½	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	32.2	30.8	28	14	11	—	—	—	—	—
15	—	48.3	46.2	42	21	17	—	—	—	—	—
20	—	62.1	59.4	54	27	22	—	—	—	—	—
25	—	78.2	74.8	68	34	27	—	53	26	21	—
30	—	92	88	80	40	32	—	63	32	26	—
40	—	120	114	104	52	41	—	83	41	33	—
50	—	150	143	130	65	52	—	104	52	42	—
60	—	177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
75	—	221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
100	—	285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
125	—	359	343	312	156	125	31	253	126	101	25
150	—	414	396	360	180	144	37	302	151	121	30
200	—	552	528	480	240	192	49	400	201	161	40
250	—	—	—	—	302	242	60	—	—	—	—
300	—	—	—	—	361	289	72	—	—	—	—
350	—	—	—	—	414	336	83	—	—	—	—
400	—	—	—	—	477	382	95	—	—	—	—
450	—	—	—	—	515	412	103	—	—	—	—
500	—	—	—	—	590	472	118	—	—	—	—

\* Para factores de potencia de 90 y 80 %, las cifras anteriores se deben multiplicar respectivamente por 1.1 y 1.25.

**Anexo 7. Tabla 310-16 Capacidades permisibles de corriente en conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 V, tomada del NEC 1999.**

Calibre AWG o Kcmil	Capacidad nominal de temperatura del conductor (véase la Tabla 310-13)						Calibre AWG o Kcmil
	60 °C (140°F)	75 °C (167°F)	90 °C (194°F)	60 °C (140°F)	75 °C (167°F)	90 °C (194°F)	
	TIPOS TW, UF	TIPOS FEPW, RII, RIIW, THIW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RIII, RIIW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE- 2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW, UF	TIPOS RII, RIIW, THIW, THW, THWN, XHHW, USE	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RIII, RIIW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
18	—	—	14	—	—	—	—
16	—	—	18	—	—	—	—
14*	20	20	25	—	—	—	—
12*	25	25	30	20	20	25	12*
10*	30	35	40	25	30	35	10*
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	355	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	310	375	420	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	450	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	520	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	560	665	750	470	560	630	2000

FACTORES DE CORRECCIÓN							
Temp. ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30°C (86°F), se multiplican las anteriores capacidades de corriente por el factor apropiado de los siguientes:						Temp. ambiente en °F
21-25	1.08	1.05	1.04	1.08	1.05	1.04	70-77
26-30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	78-86
31-35	0.91	0.94	0.96	0.91	0.94	0.96	87-95
36-40	0.82	0.88	0.91	0.82	0.88	0.91	96-104
41-45	0.71	0.82	0.87	0.71	0.82	0.87	105-113
46-50	0.58	0.75	0.82	0.58	0.75	0.82	114-122
51-55	0.41	0.67	0.76	0.41	0.67	0.76	123-131
56-60	—	0.58	0.71	—	0.58	0.71	132-140
61-70	—	0.33	0.58	—	0.33	0.58	141-158
71-80	—	—	0.41	—	—	0.41	159-176

\*Véase la Sección 240-3.

**Anexo 8. Tabla 430-152 Capacidad nominal o ajuste máximo de los dispositivos de protección para costo circuitos ramales de motores contra corto circuito y falla a tierra, tomada del NEC 1999.**

Tipo de motor	En porcentaje de la corriente de plena carga			
	Fusible sin retardo de tiempo <sup>1</sup>	Fusible con retardo de tiempo <sup>1</sup> (elemento dual)	Interruptor automático de disparo instantáneo	Interruptor automático de tiempo inverso <sup>2</sup>
Motores monofásicos	300	175	800	250
Motores polifásicos de c.a. distintos a los de rotor devanado				
De jaula de ardilla:				
Diferentes de los de diseño E	300	175	800	250
De diseño E	300	175	1100	250
Sincrónicos <sup>3</sup>	300	175	800	250
Con rotor devanado	150	150	800	150
De c.c. (tensión constante)	150	150	250	150

Nota: Para algunas excepciones a los valores especificados, véanse las Secciones 430-52 a 430-54.

<sup>1</sup> Los valores de la columna fusible sin retardo de tiempo se aplican a fusibles de Clase CC con retardo de tiempo.

<sup>2</sup> Los valores de la última columna también cubren las capacidades nominales de corriente de los interruptores automáticos de tiempo inverso no ajustables, que se pueden modificar como en la Sección 430-52.

<sup>3</sup> Los motores sincrónicos de bajo par y baja velocidad (usualmente 450 rpm o menos), como los utilizados para accionar compresores alternativos, bombas, etc. que arrancan sin carga, no requieren que la capacidad nominal de los fusibles o ajuste de los interruptores automáticos sea mayor al 200% de la corriente de plena carga.

**Anexo 9. Tabla 430-7(b) Letras de código para indicación de rotor bloqueado, tomada del NEC 1999.**

<b>Letra código</b>	<b>kVA por caballo de fuerza con el rotor bloqueado</b>	<b>Letra código</b>	<b>kVA por caballo de fuerza con el rotor bloqueado</b>
A	0 – 3.14	L	9.0 – 9.99
B	3.15 – 3.54	M	10.0 – 11.19
C	3.55 – 3.99	N	11.2 – 12.49
D	4.0 – 4.49	P	12.5 – 13.99
E	4.5 – 4.99	R	14.0 – 15.99
F	5.0 – 5.59	S	16.0 – 17.99
G	5.6 – 6.29	T	18.0 – 19.99
H	6.3 – 7.09	U	20.0 – 22.39
J	7.1 – 7.99	V	22.4 en adelante
K	8.0 – 8.99		



## Anexo 10. Arrancadores para motores marca schneider.

### Arrancadores Magnéticos NEMA

#### Tipo S Clase 8536

No Reversibles, 3 polos, 600 Vca máximo, panel abierto, con Relé de Sobrecarga tipo MELTING ALLOY



			200-230	1 1/2
00	8536 SAO12*	9	460-575	2
0	8536 SBO2*	18	200-230	3
			460-575	7 1/2
1	8536 SCO3*	27	460-575	10
			200	10
2	8536 SDO1*	45	230	15
			460-575	25
			200	25
3	8536 SEO1*	90	230	30
			460-575	50
			200	40
4	8536 SFO1*	135	230	50
			460-575	100
			200	75
5	8536 SGO1*	270	230	100
			460-575	200
			200	150
6	8536 SHO2*	540	230	200
			460-575	400
			230	300
7	8536 SJO2*	810	460-575	600

Nota 1: Reemplazar el (\*) para indicar el voltaje de la bobina, según se indica en la siguiente tabla:

Código	Voltaje 60 Hz
V01	24
V02	120
V08	208
V03	240
V06	480
V07	600

Nota 2: Seleccionar de la Tabla Nº 1 las Unidades Térmicas o Heaters para el Relé de Sobrecarga tipo MELTING ALLOY.

3/94 Schneider Electric

### Repuestos para Contactores Magnéticos Clase 8502 y Arrancadores Magnéticos Clase 8536

#### Bobinas

Para NEMA	Voltaje	Referencia
00, 0 y 1	24 Vca	9998 31041-400-20
	120 Vca	9998 31041-400-42
	240 Vca	9998 31041-400-51
	480 Vca	9998 31041-400-60
2	24 Vca	9998 31063-400-16
	120 Vca	9998 31063-400-38
	240 Vca	9998 31063-400-47
	480 Vca	9998 31063-400-57
3	24 Vca	9998 31074-400-16
	120 Vca	9998 31074-400-38
	240 Vca	9998 31074-400-47
	480 Vca	9998 31074-400-57
4	120 vca	9998 31091-400-38
	240 Vca	9998 31091-400-47
	480 Vca	9998 31091-400-57
	120 Vca	9998 31096-400-09
5	240 Vca	9998 31096-400-18
	480 Vca	9998 31096-400-24
	Todos los Voltajes	9998 31104-400-50

#### Juegos de Contactos

Para NEMA	Referencia
00	9998 SJ1
0	9998 SL2
1	9998 SL3
2	9998 SL4
3	9998 SL7
4	9998 SL9
5	9998 SL11
6	9998 SL25
7	9998 SL31

Nota: Los juegos de contactos incluyen los 3 polos.

Schneider Electric 3/95

**Anexo 11. Relés de sobre carga para motores marca schneider.**



Para Arrancadores Clase 8536 No Reversibles, Disparo Clase 20

Heater	Nema 00,0,1 Rango amp.	Nema 2 Rango amp.	Nema 6 Rango amp.
B 0.44	0.28 - 0.30		
B 0.51	0.31 - 0.34		
B 0.57	0.35 - 0.37		
B 0.63	0.38 - 0.44		
B 0.71	0.45 - 0.53		
B 0.81	0.54 - 0.59		
B 0.92	0.60 - 0.64		
B 1.03	0.65 - 0.72		
B 1.16	0.73 - 0.80		
B 1.30	0.81 - 0.90		128 - 140
B 1.45	0.91 - 1.03		141 - 163
B 1.67	1.04 - 1.14		164 - 179
B 1.88	1.15 - 1.27		180 - 201
B 2.10	1.28 - 1.43		202 - 227
B 2.40	1.44 - 1.62		228 - 251
B 2.65	1.63 - 1.77		252 - 278
B 3.00	1.78 - 1.97		279 - 308
B 3.30	1.98 - 2.32		309 - 346
B 3.70	2.33 - 2.51		347 - 380
B 4.15	2.52 - 2.99		381 - 426
B 4.85	3.00 - 3.42	3.18 - 3.40	427 - 454
B 5.50	3.43 - 3.75	3.41 - 3.76	455 - 489
B 6.25	3.76 - 3.98	3.77 - 4.00	490 - 520
B 6.90	3.99 - 4.48	4.01 - 4.57	
B 7.70	4.49 - 4.93	4.58 - 5.03	
B 8.20	4.94 - 5.21	5.04 - 5.32	
B 9.10	5.22 - 5.84	5.33 - 5.97	
B 10.2	5.85 - 6.67	5.98 - 6.88	
B 11.5	6.68 - 7.54	6.89 - 7.82	
B 12.8	7.55 - 8.14	7.83 - 8.47	
B 14	8.15 - 8.72	8.48 - 9.15	
B 15.5	8.73 - 9.66	9.16 - 10.1	
B 17.5	9.67 - 10.5	10.2 - 11.2	
B 19.5	10.6 - 11.3	11.3 - 12.0	
B 22	11.4 - 12.0	12.1 - 13.6	
B 25		13.7 - 15.2	
B 28.0		15.3 - 17.1	
B 32		17.2 - 19.0	
B 36		19.1 - 21.5	
B 40		21.6 - 24.1	
B 45		24.2 - 27.0	
B 50		27.1 - 28.7	
B 56		28.8 - 30.4	
B 62		30.5 - 32.2	
B 70		32.2 - 35.4	
B 79		35.5 - 38.2	
B 88		38.3 - 45.0	

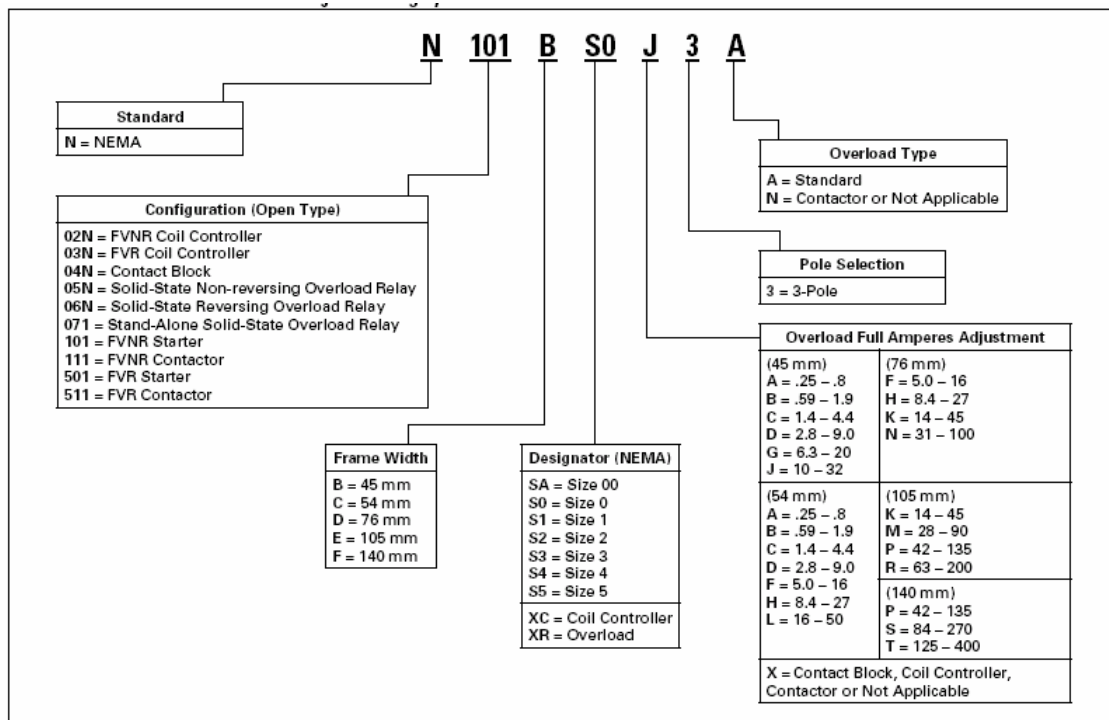
**Anexo 12. Relés de sobre carga para motores marca schneider.  
(Continuación)**



Para Arranadores Clase 8536, No Reversibles, Disparo Clase 20

Heater	Nema 3 Rango amp.	Nema 4 Rango amp.	Nema 5 Rango amp.
CC 20.9	13.6 - 14.5		
CC 22.8	14.6 - 15.5		
CC 24.6	15.6 - 17.4		
CC 26.3	17.5 - 18.5		
CC 28.8	18.6 - 19.9		
CC 31.0	20.0 - 21.5		
CC 33.3	21.6 - 22.9		
CC 36.4	23.0 - 24.5		
CC 39.6	24.6 - 26.3		
CC 42.7	26.4 - 28.2		
CC 46.6	28.3 - 30.0		
CC 50.1	30.1 - 32.3		
CC 54.5	32.4 - 34.9		
CC 59.4	35.0 - 37.6		
CC 64.3	37.7 - 40.0	41.1 - 43.5	
CC 68.5	40.1 - 42.8	43.6 - 46.8	
CC 74.6	42.9 - 45.3	46.9 - 50.0	
CC 81.5	45.4 - 49.1	50.1 - 54.9	
CC 87.7	49.2 - 53.4	55.0 - 57.5	
CC 94.0	53.5 - 57.4	57.6 - 61.8	
CC 103	57.5 - 61.3	61.9 - 66.2	
CC 112	61.4 - 63.5	66.3 - 72.4	
CC 121	63.6 - 66.3	72.5 - 78.1	
CC 132	66.4 - 69.0	78.2 - 80.7	
CC 143	69.1 - 70.9	80.8 - 86.5	
CC 156	71.0 - 73.7	86.6 - 93.9	
CC 167	73.8 - 76.5	94.0 - 100	
CC 180	76.6 - 78.4	101 - 112	
CC 196	78.5 - 86.0	113 - 117	
CC 208		118 - 123	
CC 219		124 - 133	
DD 112			82.5 - 88.2
DD 121			88.3 - 95.9
DD 128			96.0 - 102
DD 140			103 - 109
DD 150			110 - 121
DD 160			122 - 139
DD 185			140 - 154
DD 220			155 - 163
DD 240			164 - 175
DD 250			176 - 184
DD 265			185 - 195
DD 280			196 - 215
DD 300			216 - 224
DD 320			225 - 243
DD 340			244 - 266

## Anexo 13. Designación para arrancadores Cuttler-Hammer.



**Note:** When using the Catalog Numbering System for Eaton's Cutler-Hammer *IT* Electro-Mechanical products, care should be exercised to assure that the Catalog Number for the Overload Relay aligns with the *IT* Contact Block selected for type, frame size and ampacity, if purchased as separate components.

### Examples:

N101BS0J3A — Full Voltage Non-reversing, Size 0 Starter with a 10 – 32 amp overload range  
 N111FS5X3N — Full Voltage Non-reversing, Size 5 Contactor  
 N501DS2K3A — Full Voltage Reversing Starter with a 14 – 45 amp overload range  
 N02NCXCXNN — Coil Controller 54 mm  
 N04NBSAX3N — Contact Block Size 00

## Anexo 14. Arrancadores tipo Nema marca Cuttler - Hammer

NEMA Size	Continuous Ampere Rating	Overload Adjustment Range (Amperes)	Max. UL Horsepower (hp) 60 Hz						Max. UL Horsepower (hp) 50 Hz	3-Pole Non-reversing	Price U.S. \$
			1-Phase		3-Phase				3-Phase		
			115V	230V	200V/ 208V	230V/ 240V	460V/ 480V	575V/ 600V			
00	9	.25 – .8 .59 – 1.9 1.4 – 4.4 2.8 – 9.0 6.3 – 20	1/3	1	1-1/2	1-1/2	2	2	1-1/2	N101BSAA3A N101BSAB3A N101BSAC3A N101BSAD3A N101BSAG3A	199. 199. 199. 199. 199.
0	18	.25 – .8 .59 – 1.9 1.4 – 4.4 2.8 – 9.0 6.3 – 20 10 – 32	1	2	3	3	5	5	5	N101BS0A3A N101BS0B3A N101BS0C3A N101BS0D3A N101BS0G3A N101BS0J3A	248. 248. 248. 248. 248. 248.
1	27	.25 – .8 .59 – 1.9 1.4 – 4.4 2.8 – 9.0 5.0 – 16 8.4 – 27 16 – 50	2	3	7-1/2	7-1/ 2	10	10	10	N101CS1A3A N101CS1B3A N101CS1C3A N101CS1D3A N101CS1F3A N101CS1H3A N101CS1L3A	286. 286. 286. 286. 286. 286. 286.
2	45	5.0 – 16 8.4 – 27 14 – 45 31 – 100	3	7-1/2	10	15	25	25	25	N101DS2F3A N101DS2H3A N101DS2K3A N101DS2N3A	518. 518. 518. 518.
3	90	14 – 45 28 – 90 42 – 135 63 – 200	7-1/2	15	25	30	50	50	50	N101ES3K3A N101ES3M3A N101ES3P3A N101ES3R3A	846. 846. 846. 846.
4	135	14 – 45 28 – 90 42 – 135 63 – 200	—	—	40	50	100	100	75	N101ES4K3A N101ES4M3A N101ES4P3A N101ES4R3A	1,917. 1,917. 1,917. 1,917.
5	270	42 – 135 84 – 270 125 – 400	—	—	75	100	200	200	150	N101FS5P3A N101FS5S3A N101FS5T3A	4,678. 4,678. 4,678.

① 24V DC coil voltage.

**Note:**

- If required, accessories are available on Page 33-12.
- The standard /T/ starter is for 3-phase applications only.
- NEMA Size 5 information is preliminary.

**Anexo 15. Tabla 250-122 Calibre mínimo de conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos, tomado del NEC 1999.**

Capacidad nominal o ajuste de dispositivos automáticos de sobrecorriente en circuitos antes del equipo, conduit, etc., sin exceder de (amperios)	Calibre (AWG o kcmil)	
	Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre*
15	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250
1600	4/0	350
2000	250	400
2500	350	600
3000	400	600
4000	500	800
5000	700	1200
6000	800	1200

Nota: Cuando sea necesario cumplir con la Sección 250-2(d), el conductor de puesta a tierra del equipo debe tener una clasificación calibre mayor que la del dado en esta Tabla.

\* Véanse las restricciones de instalación en la Sección 250-120.