INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Nombre del proyecto: Sistema hidráulico y de control para un implemento agrícola de corte de caña.

Empresa: Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Nombre del alumno: Kevin Alejandro Niño Vázquez.

Número de control: 09270738

Carrera: Ingeniería Mecánica.

Periodo: Enero-Junio 2013.

Tuxtla Gutiérrez. Junio 2013

Tabla de contenido

	Página
1.0 INTRODUCCIÓN.	5
2.0 JUSTIFICACIÓN.	6
3.0 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.	6
3.1 Generales	6
3.2 Específicos	6
4.0 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE PARTICIPÓ.	7
5.0 PROBLEMAS A RESOLVER CON SU RESPECTIVA PRIORIZACIÓN.	8
6.0 FUNDAMENTO TEÓRICO.	8
6.1 Cosechadora combinada de caña de azúcar.	10
6.2 Cosechadora 3520 JOHN DEERE.	11
7.0 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.	14
7.1 Fórmulas útiles.	14
7.2 Enganche delantero.	15
7.3 Selección de bomba hidráulica principal y motores hidráulicos.	18
7.4 Bomba hidráulica.	19
7.5 Bomba de pistón de caudal variable (serie VP1-120).	19
7.6 Actuadores hidráulicos.	21
7.7 Motores hidráulicos serie F12.	21

7.8 Mangueras. 22

7.8.1 Mangueras de alta presión. 22

7.8.2 Mangueras de baja presión. 23

7.8.3 Mangueras de media presión industrial. 23

7.9 Guía para la selección de diámetro interior de la manguera. 24

7.10 Manguera hidráulica fabricada bajo Norma DIN 20022-2SN. 25

7.11 Electroválvulas. 26

7.11.1 Electroválvulas MN2H, ISO 5599-1. 26

7.12 Actuador lineal. 29

7.12.1 Cilindro hidráulico serie CHN. 31

7.13 Sensores. 33

7.14 Control. 34

7.14.1 PLC siemens (S7-200). 35

7.14.2 Características del CPU S7-200. 35

7.14.3 Requisitos del sistema. 36

7.14.4 Paneles táctiles TP070 y TP170 micro. 36

8.0 RESULTADOS (Programa Automation Studio 5.0) 38

8.1 Diagramas de simulación en Automation Studio. 38

8.2 Programación en escalera. 39

9.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 40

10.0 FUENTES DE INFORMACIÓN 41

11.0 ANEXOS (Datos técnicos de las CPUs) 42

1.0 INTRODUCCIÓN

Las quemas en la agricultura son una práctica de antaño, existen manifestaciones de ellas anteriores al momento de nuestra colonización, pero esta práctica produce tan severas consecuencias en el medio ambiente.

Debido al cultivo y aumento de la demanda de caña de azúcar en la zona productora del estado de Chiapas a través de los años las quemas se han generalizado aún más.

Los efectos nocivos que las quemas generan son motivo de preocupación a través de los años, tanto por parte de nuestros gobernantes y campesinos como por grupos ambientalistas. Es en los últimos años y debido a la concientización de la protección al medio ambiente que las mismas vuelven a adquirir importancia, generando una serie de roses entre estos y los productores de caña de azúcar.

Algunos productores de caña de azúcar e industriales del sector, han manifestado sus esfuerzos por minimizar dicha práctica e incorporar maquinización en la cosecha.

Esta situación en lo primordial ha motivado el presente proyecto, con el propósito de reducir las quemas para la cosecha de caña, reducir la emisión de gases de efecto invernadero, e incrementar la rentabilidad por concepto de cosecha de la gramínea.

La fabricación de una cosechadora de caña entera sin quemar fue la problemática y de ello surgen posibles soluciones sabiendo aun que en el mercado existen maquinas que realizan el corte de la caña en verde pero en forma troceada lo que genera perdida para el industrial debido a la perdida de sacarosa antes de ser industrializada, además de que se inicia el proceso de degradación orgánica generando microorganismos y hongos que contribuyen a la generación de azucares reductores.

El diseño de un implemento agrícola que pudiera satisfacer las necesidades que se demandan y pueda ser accesible a cualquier productor, dio el inicio para la realización del proyecto.

Este trabajo se realiza con el firme propósito de seleccionar los componentes que se han de emplear en el control de un implemento cosechador de caña en verde, montado a un tractor agrícola, así también seleccionar el tipo de control adecuado para su funcionamiento.

2.0 JUSTIFICACION DEL PROYECTO.

La necesidad de la fabricación de un implemento agrícola para el corte de caña en verde se genera por la necesidad del productor por aumentar sus ingresos para su sustento familiar, teniendo que procesar su caña para la fabricación de azúcar y para poder realizar dicha actividad se requiere de personal capacitado para cosecharla, esta por su naturaleza tiene follaje con espinas diminutas llamadas comúnmente “aguates” que se incrustan en la piel y extremidades de los encargados de realizar la cosecha (cortadores de caña), para que los cortadores no tengan problemas para realizar el corte a la altura deseada de la caña, el productor prefiere quemar el cañaveral en forma controlada y mantener a sus trabajadores para asegurar su ingreso económico al ingresar la caña al Ingenio.

La quema es una práctica antigua que pese a ofrecer ligeros beneficios contribuye en gran medida a la generación de gases de efecto invernadero, contaminando el ambiente y generando el malestar social; si bien la elaboración de azúcar es el motor económico de la zona es necesario realizar cambios en pro del medio ambiente como del beneficio social.

3.0 OBJETIVOS.

3.1 GENERAL.

Seleccionar un equipo con sus accesorios para el sistema hidráulico y de control de un implemento agrícola para el corte de caña de azúcar en verde, así como su automatización.

3.2 ESPECIFICO.

- Seleccionar implementos agrícolas de acuerdo a cálculos realizados en la etapa de diseño.

- Seleccionar un equipo de automatización que sustente las necesidades de control y operación del implemento agrícola para el corte de caña de azúcar en verde.

4.0 CARACTERIZACION DEL AREA EN QUE PARTICIPÓ.

En la década de los 70's, se incorpora el estado de Chiapas al movimiento educativo nacional, por intervención del Gobierno estatal ante la federación. Esta gestión dio origen a la creación del Instituto Tecnológico Regional del Tuxtla Gutiérrez (ITRTG) hoy Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG).

El día 23 de agosto de 1971 el Gobernador del Estado, Dr. Manuel Velasco Suárez, colocó la primera piedra de lo que muy pronto seria el Centro educativo de nivel medio superior más importante de la entidad.

El día 22 de octubre de 1972, con una infraestructura de 2 edificios con 8 aulas, 2 laboratorios y un edificio para talleres abre sus puertas el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez con la carreras de Técnico en Maquinas de Combustión Interna, Laboratorista Químico y Maquinas y Herramientas.

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez es una empresa en la cual se imparte educación de nivel profesional, en donde se desarrollan actividades docentes, investigación y postgrados con una excelente calidad a nivel nacional en las áreas industriales y de servicio, en todas las regiones del país.

El proyecto fue desarrollado en el área de investigación y posgrados en la cual se realizan principalmente las siguientes actividades:

- Formación profesional de estudiantes en el área de Ingeniería Mecánica.
- Fomento al desarrollo de proyectos de creatividad para dar soluciones a las diferentes necesidades de la sociedad.
- Desarrollo de proyectos para residencias profesionales y titulación.
- Generación de cursos de titulación para incrementar el índice de titulados.

Ubicación: Carretera Panamericana, km 1080.Terán Tuxtla Gutiérrez, S/N con código postal 29050, Tuxtla Gutiérrez. Chiapas.

Misión: formar de manera integral profesioncitas de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

Visión: ser una institución de excelencia en la educación superior tecnológica del sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

5.0 PROBLEMAS A RESOLVER CON SU RESPECTIVA PRIORIZACION.

Dentro de los problemas que se pretenden solucionar con la creación de este implemento agrícola se tienen las siguientes:

- Reducción de emisión de gases de efecto invernadero por la reducción de quemas de cañaverales.
- Evitar la pérdida de control del fuego por quema de la caña y el efecto del viento.
- Evitar los cortes del suministro de Energía Eléctrica por afectaciones a las líneas de transmisión por la temperatura generada por efecto de la quema debajo de estas.
- Evitar la destrucción del ecosistema y de la fauna propia del sitio de la quema.
- Reducir la perdida de materia orgánica (tierra) por la quema de cañaverales.
- Aprovechamiento de los beneficios del azúcar en su elaboración.
- Reducir el uso de mano de obra.
- Aprovechar cada planta de caña y obtener una mejor producción, dejando atrás las prácticas de quema.

6.0 FUNDAMENTO TEÓRICO

El hombre, desde el inicio de su historia, ha intentado facilitar su trabajo con la ayuda de máquinas o herramientas. Debido al crecimiento de las fronteras agrícolas y al incremento en el volumen de producción nace la necesidad de aumentar la velocidad de trabajo. Con la aparición de las máquinas agrícolas se abrió un campo infinito de desarrollo de máquinas para cada función: labrar el suelo, siembra, cosecha, recolección y carga de productos, transporte, etc.

La moderna mecanización y automatización ha demostrado la necesidad de innovar la tecnología para mejorar la competitividad de los sistemas mediante la incorporación de nuevos equipos y el mejoramiento de otros ya conocidos y probados.

El primer prototipo de máquina cosechadora de caña de azúcar fue creado en Australia en el año 1940 por los hermanos Harold y Colin Toft como consecuencia de la costosa mano de obra a causa del inicio de la Segunda Guerra Mundial. La máquina inicial era un cargador mecánico para caña con cortadora de base constituido esencialmente por un brazo móvil con una pinza o gancho para izar manojos de caña en un camión. Posteriormente se adaptó un montacargas mecánico de caña entera.

En 1968, los Toft lanzaron su primera cosechadora de caña picada tipo chooper, la cual se construyó básicamente con partes de tractores, cajas de transmisión y diferenciales mecánicos.

Figura 6.1 Primera máquina para cosecha de caña,
(Manual de Cosechadoras de Caña CASE)

En el año 1977 se sustituyeron todos los complejos mecanismos por sistemas hidráulicos y en 1985 se adaptaron sistemas de rodillo picador rotativo y sistemas extractores de hojas que permitieron recoger una materia prima bastante limpia cuando se trataba de corte en verde.

Los trabajos realizados en el proyecto IBEROEKA, proyecto de cooperación internacional Hispano - Cubano que lleva por título: “Diseño de Máquinas Cosechadoras de Caña de Azúcar de Altas Prestaciones”. Acrónimo: CAIMANA, período 1999 al 2001.

Entre otros objetivos, este proyecto se enfrenta a dar soluciones tecnológicas al accionamiento de una serie de aperos que configuran aspectos funcionales de estas máquinas.

Entre estos aperos cabe destacar:

1) Mecanismo cargador frontal.

2) Conjunto brazo – jaiba, de carga y descarga.

3) Mecanismo portador del sistema corta-cogollos.

Dentro de estos mecanismos el de mayor importancia contextual es el de la cosechadora combinada de caña de azúcar, de la cual se da una breve descripción a continuación.

6.1 Cosechadora combinada de caña de azúcar

La cosechadora de caña se emplea para la recolección mecanizada de esta, tanto verde como quemada en cualquier forma que esta se encuentre: levantada, revolcada, entrelazada, etc.

La cosechadora también se le denomina combinada, porque permite la cosecha, la limpieza y el desmenuzamiento integrado en una máquina completa. El funcionamiento de esta es como sigue:

Una vez que la cosechadora es colocada en una fila de caña y comienza a avanzar, los dedos en forma de triángulos de chapa del corta-cogollos atraen a estos de la caña y las cuchillas del disco las corta y las expulsan hacia uno de los lados de la cosechadora.

Los zapatos del separador de caña, regulan la anchura de operación y determinan la cantidad de caña a entrar al interior de la cosechadora. Los rodillos cónicos sinfín se encargan de introducir la caña hacia el interior de la garganta, en donde un rodillo doblega los tallos de la caña. Como la caña se encuentra enredada con los de la fila adyacente y dentro de la misma, un disco lateral cortador se encarga de cortar aquellas cañas con las que se encuentra a su paso.

Los cortadores de caña siegan el tallo casi a ras del suelo, y un rodillo de tope hace llegar la caña cortada a la zona de alimentación y ahí, gracias a las aletas que tiene incorporada, se deshacen de piedras y malezas que hayan entrado al interior de la cosechadora. La caña pasa luego a través de rodillos alimentadores (inferiores) y de presión (superiores) en donde el material es comprimido y colocado en todo lo ancho de

la zona de alimentación. Después, la caña pasa a la zona de troceamientos donde dos cilindros picadores, cortan la caña en trozos longitudinales de aproximadamente unos 30 cm. Luego pasa a la zona de primera limpieza para que un ventilador – extractor succione la hojarasca la cual, al ser más ligera en peso que los trozos de caña, las expulsa fuera de la máquina.

Por efecto de la gravedad, los trozos de caña caen a la zona de transporte y, a través de una cinta transportadora, son llevados a la parte superior en donde se encuentra una segunda zona de limpieza para extraer el resto de la hojarasca que no haya sido extraída en la primera zona de limpieza.

Por último, la caña cae a un remolque de un camión o tractor que se desplaza paralelo a la cosechadora, para su posterior transporte al ingenio.

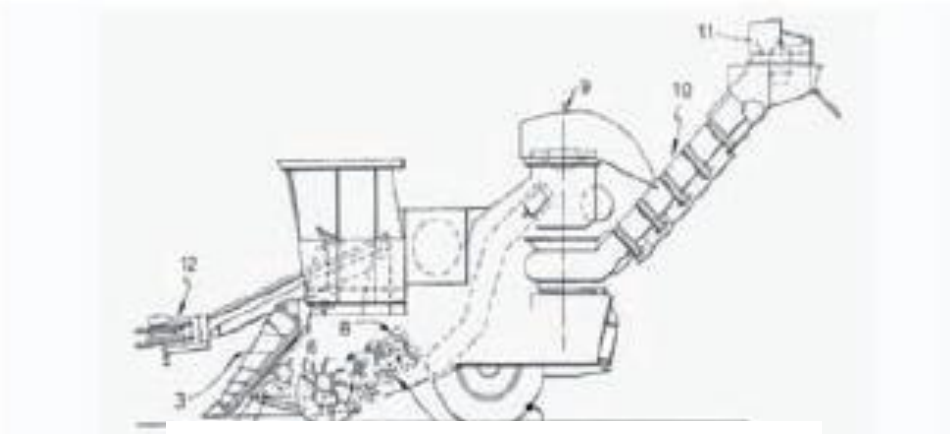


Figura 6.2. Cosechadora combinada de caña de azúcar.

6.2 Cosechadora 3520 JOHN DEERE

De las características más importantes de esta máquina tenemos el:

Motor de combustión interna.

- Más potencia disponible y bajo consumo de combustible.
- Los motores John Deere de 9.0 L son construidos para soportar largas jornadas de trabajo

- Gracias al depósito de combustible de 570 l y a la excelente eficacia de aprovechamiento del combustible de la máquina, se podrá trabajar durante toda la jornada sin parar a recargar.
- Alta confiabilidad
- Excelente reserva de torsión
- El más rentable del mercado

Sistema de Enfriamiento

- Grupo de enfriamiento con sistema de auto limpieza. Instalado encima del motor y detrás de la cabina, zona en donde hay menos contaminación, para favorecer la entrada de aire limpio
- El enfriador de aceite y el condensador del aire acondicionado están instalados en una puerta que se abre para la limpieza
- El sistema de malla rotativa lo utilizamos exitosamente también en las cosechadoras de forraje autopropulsadas
- La malla rotativa protege 4 sistemas de enfriamiento básicos: aire del motor, aceite hidráulico, líquido refrigerante del motor y el condensador del aire acondicionado

Depósitos

- Los depósitos de combustible y aceite hidráulico son modulares, atornillados
- Aumento de la capacidad del depósito de combustible en 60 l (568 l o 150 gal)
- Disminución de la capacidad del depósito del aceite hidráulico en 135 l (435 l o 115 galones). Menor costo de mantenimiento.

Controles

- Tablero de control ergonómico en brazo de descanso con palanca “joystick” multi-funcional.
- Interruptor de parada automática de emergencia
- Interruptor de activación de las funciones de cosecha.

Figura 6.3. Cosechadora 3520 JOHN DEERE.

7.0 PROCEDIMIENTO Y RESULTADO DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

7.1 Fórmulas útiles

Las formulas que se muestran a continuación han de emplearse en cálculos de potencia de la bomba principal, motores y actuadores hidráulicos.

Cilindros

$F = P \times A$ ... ... Ecu 7.1

$Area\ de\ un\ circulo = \frac{\pi \times d^2}{4}$ ... ... Ecu 7.2

Donde:

P= Presión; A= Área; F= Fuerza.

Bombas

T = [HP X 5252]/RPM... ... Ecu 7.3

Donde:

T= Torsor , HP: caballos de fuerza.

RPM: Revoluciones por minuto.

Motores

RPM = [GPM X 231]/CIR... ... Ecu 7.4

T = [CIR X PSI]/75.36... ... Ecu 7.5

Donde: CIR = Pulgadas cúbicas por revolución.

Conversiones

PSI = bar X 14.5

bar = PSI / 14.5

1 bar = 14.5 PSI

7.2 Enganche delantero

Cada enganche delantero está diseñado en función al tractor a equipar, con el fin de asegurar una unión integral, repartiendo esfuerzos de manera homogénea de adelante a atrás. Los chasis fuertemente dimensionados unen el enganche con la campana de embregue y son solidarios con el tractor, preservando su estructura.

Figura 7.1. Enganche delantero.

Existe una eficacia máxima en todos los terrenos pues las dos posiciones de los brazos del enganche: fija o flotante, permite al apero seguir el perfil del suelo.

Toma de fuerza delantera, alto rendimiento y longevidad excepcional. Los componentes testeados en condiciones de uso extremas garantizan a las tomas de fuerza MX prestaciones óptimas y una longevidad excepcional. Con dos sentidos de rotación posibles, la toma de fuerza delantera MX es el equipo adaptado a todos los aperos enganchados a su tractor, cualquiera que sea su potencia.

Figura 7.2. Línea hidráulica auxiliar y toma de fuerza delantera, respectivamente.

Línea hidráulica auxiliar. Dispuesta delante del enganche, la línea hidráulica auxiliar le permite conectar rápidamente un útil hidráulico o una barra de tercer punto hidráulico. Una 2a línea hidráulica es igualmente disponible si su apero lo requiere.

Ambos brazos del enganche son replegables en unos segundos, sin esfuerzos y muy fácil. De esta forma, cuando no se usa, el enganche resulta extremadamente compacto. Para su confort, los brazos de enganche están equipados con ganchos automáticos y la barra de tercer punto está siempre contenida sobre el enganche delantero.

Figura 7.3. Montano del enganche delantero y conexión de la toma de fuerza y líneas hidráulicas auxiliares.

Pilotaje MX: Todas las funciones se encuentran al alcance de la mano, una empuñadura ergonómica dirige suavemente la elevación y el descenso del enganche delantero, como también la activación de la línea hidráulica auxiliar. Tres modos de descenso del enganche son posibles: simple efecto (con distribuidor electrohidráulico), doble efecto y posición flotante.

Mando exterior del enganche delantero MX: el mando exterior del enganche delantero MX controla la subida y bajada de los brazos con una máxima seguridad. Un segundo mando exterior puede igualmente accionar otras funciones hidráulicas, por ejemplo, la barra de tercer punto hidráulico.

Figura 7.4. Pilotaje MX, controla el funcionamiento del enganche delantero.

Para la selección del enganche delantero se presenta una tabla en la cual se visualizan características que debe tener el tractor así como características propias del enganche.

		MX R10	MX R16	MX R20	MX R28	MX R38	MX R53
Categoría del enganche delantero		2					
Potencia de elevación al extremo de los brazos de elevación* (en Kg)		1000	1600	2000	2800	3800	5300
Potencia de elevación en el centro de gravedad del útil situado a 610mm delante de las rótulas* (en Kg)		770	1050	1120	1800	3300	4800
Ancho teórica de los brazos (en mm)		825					
Altura de los brazos de elevación respecto al suelo:	Baja* (en mm) (1)	<200					
	Alta* (en mm) (2)	>850		>900		>950	
Manos de enganche		Auto Cat 3/2					
Rótulas		Cat 2					
Barra de tercer punto/longitud (en mm)		Cat 2 / 460 à 680					
Toma de fuerza (TDF)**	Potencia máxima a la TDF (En CV)	150					
	Régimen de salida TDF (en RPM)	1000					
	Sentido de rotación (visto desde el asiento del tractor)	Derecha		Derecha o izquierda			
	Sección del árbol de salida (DIN 9611)	1' 3/8" - 6 estrías					

* Valores dados a título indicativo. Varían en función de las características del tractor.

** Opción disponible según la compatibilidad del tractor - enganche delantero.

Figura 7.5. Tabla de prestaciones para la selección del enganche delantero.

$$\text{Potencia máxima} = (150\ \text{CV}) \text{x} \left(\frac{33475 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}}{1\ \text{CV}} \right) \text{x} \left(\frac{1\ \text{HP}}{2544.5 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}} \right) = 1973.37\ \text{Hp} \ldots\ldots 7.1$$

$$1\ \text{hp de Caldera} = 33\ 475\ \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \ldots\ldots\ 7.2$$

$$1\text{Hp} = 2544.5\ \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \ldots\ldots Ecu\ 7.3$$

De la tabla anterior obtenemos que la potencia máxima de la toma de fuerza (TDF) es de 150 CV lo que equivale a 1973.37 Hp. Esta potencia ha de ajustarse para poder alimentar a la bomba principal y poder alimentar las diversas secciones del implemento agrícola.

Esta potencia generada se toma directamente del motor del tractor, ahora bien la variación de la misma ira en función del tipo de tractor y características que lo definan.

7.3 Selección de la bomba hidráulica principal y de los motores hidráulicos.

En esta sección se analiza cada una de las potencias requeridas en las diferentes etapas del implemento agrícola, empezado desde el corte, transporte, deshoje y almacenamiento.

Los datos presentados respecto a la potencias de los motores fueron previamente calculadas en la fase de diseño del implemento agrícola, las referencias que constatan esta aseveración se encuentran en la página 41.

Etapa del proceso.	Potencia requerida (Hp).	Potencia ajustada (Hp).
Corte a ras de suelo.	1.8	2
Corte de cogollo.	1.9	2
Primera banda transportadora caña entera.	1.6	2
Transporte (Tornillo sinfín superior).	3.8	4
Transporte (Tornillo sinfín inferior).	0.47	0.5
Cepillo desbrozador.	1	1
Segunda banda transportadora descarga.	1.82	2
		13.5 Hp.

Tabla 7.1. Potencias requeridas en las diferentes etapas del proceso.

Teniendo con lo anterior un total de 7 motores y una bomba hidráulica principal que requieren del control para el funcionamiento del implemento agrícola.

7.4 Bomba Hidráulica

Una bomba hidráulica genera un caudal volumétrico (pero no genera presión). El caudal volumétrico generado por la bomba (expresado en l/min) depende del volumen expulsado por cada giro y por las revoluciones de la bomba.

Únicamente se produce una presión si se interpone una resistencia al caudal (por ejemplo, resistencia al flujo, resistencia de carga, válvula limitadora de presión). La presión se expresa en unidades de MPa o bar.

Bombas de pistones. Existen dos tipos de bombas de pistones: las axiales y las radiales. Las bombas de pistones axiales son las más usadas, constan de un tambor rotativo sobre el que van montado los pistones y que tiene una tapa de presión con las conexiones de entada y salida. Son las bombas más costosas pero las más eficientes, son las más delicadas respecto a la contaminación del aceite ya que poseen bajas tolerancias.

7.5 Bomba de pistón de caudal variable (serie VP1-120).

La bomba de la serie VP1 es una bomba hidráulica de pistones de caudal variable con aplicaciones en maquinaria pesada y grúas de camiones. La ventaja de este tipo de bombas es que proporcionan exactamente el caudal necesario en el momento preciso, reduciendo así el consumo de energía, y la generación de calor, lo que se traduce en un funcionamiento más suave y silencioso, produciendo un menor impacto medio ambiental.

El volumen de expulsión V (también llamado volumen de transporte o volumen de elevación) es el parámetro que se utiliza para definir el tamaño de la bomba. Este parámetro define el volumen del líquido que transporta la bomba con cada giro (o, respectivamente, con cada movimiento de elevación).

Figura 7.6. La bomba de la serie VP1.

El volumen de líquido transportado por minuto se denomina caudal volumétrico q (caudal bombeado o caudal de transporte). Este caudal depende del volumen de expulsión V y de las revoluciones n de la bomba:

$$q = n\,x\,V \ldots\ldots 7.4$$

Donde n son las revoluciones por minuto y V el volumen de expulsión o bien el desplazamiento.

n=1000 rpm y V= 120 $\frac{cm^3}{rev}$ (Figura 7.7)

$$q = \left(1000\frac{rev}{min}\right)x\left(120\frac{cm^3}{rev}\right) = 120{,}000\frac{cm^3}{min}x\frac{1000\,l}{10^6 cm^3} = 120\,\frac{l}{min} \ldots\ldots 7.5$$

Puesto que el motor que dará impulso a la bomba principal está limitado a una potencia de 1970 Hp y 1000 rpm, entonces hacemos los ajustes necesarios para el cálculo del flujo volumétrico.

BOMBA/PUMP	VP1-45	VP1-75	VPI-120
Código/*Code*	507706	507906	5026106
Desplazamiento/*Displacement (cm³/rev)*	45	75	120
Velocidad/*Speed (r.p.m)*	2400	2400	1800
Presión máxima/Maximum *pressure (bar)*	300	300	350
Peso/*Weight (kg)*	27,4	27,4	27,0

Figura 7.7. Tabla de datos técnicos para la selección de bombas de la serie VP1.

La bomba principal seleccionada es la Bomba serie VP1-120, y sus características principales se presentan en la figura 7.7.

7.6 Actuadores Hidráulicos

Se clasifican en actuadores lineales, llamados cilindros. Y actuadores rotativos en general denominados motores hidráulicos. Los actuadores son alimentados con fluido a presión y se obtiene un movimiento con una determinada velocidad, fuerza, o bien velocidad angular y momento a partir de la perdida de presión de un determinado caudal del fluido en cuestión.

Potencia de Entrada = Presión x Caudal

Potencia Entregada en el Actuador = Variación de Presión x Caudal.

Esta variación de presión deberá computarse entre la entrada y la salida del actuador. En estas expresiones no consideramos las pérdidas por rozamiento que existen y no se debe dejar de tenerlas en cuenta para las realizaciones prácticas.

La potencia mecánica de salida estará dada en los actuadores lineales por:

Potencia de Salida = Fuerza x Velocidad

Y en los actuadores rotativos por:

Potencia de Salida = Momento Motor (Torque) x Velocidad Angular

Es evidente que las pérdidas entre la potencia de entrada y salida serán las pérdidas por rozamiento.

7.7 Motores Hidráulicos serie F12

La serie F12, es una bomba-motor con eje en ángulo y caudal fijo para servicio pesado. Puede emplearse tanto en aplicaciones de circuito abierto como en circuito cerrado. Cumple con las normas ISO y SAE sobre brida de montaje y eje. También disponible versión tipo cartucho, con una longitud de instalación reducida. Es posible emplear la F12 como motor a altas velocidades de giro. Con

Figura 7.8 Motor hidráulico serie F12.

presiones de trabajo de hasta 480 bar, la potencia de salida que ofrece es también muy elevada.

Como motor, el F12 produce un par de arranque muy elevado, al igual que a baja velocidad, principalmente debido a que incorpora 7 pistones. El diseño del F12 es simple y práctico, con muy pocas piezas móviles, lo que le convierte en una bomba-motor extraordinariamente fiable.

Para la selección se presenta la siguiente tabla de prestaciones para motores de la serie F12 y F1 M.

MOTOR/MOTOR	F12-30	F12-40	F12-60	F12-80	F12-110
Desplazamiento/*Displacement (cm³/rev.)*	30	40	59.8	80.4	110.1
Velocidad/*Speed (r.p.m.)*	2850	2650	2350	2350	2200
Presión máxima/*Maximum pressure (bar)*	420	420	420	420	420
Peso/*Weight (kg)*	12	16,5	21	26	36

MOTOR/MOTOR	F1-20M	F1-30M	F1-40M	F1-60M	F1-80M	F1-110M
Código/*Code*	901898	901998	902098	902198	902298	902398
Desplazamiento/*Displacement (cm³/rev.)*	19	28.1	38.7	58.2	78.2	110.1
Velocidad/*Speed (r.p.m.)*	2300	2000	1800	1700	1500	1400
Presión máxima/*Maximum pressure (bar)*	250	250	250	250	250	250
Peso/*Weight (kg)*	6,7	6,9	9,5	10	15	18

Figura 7.9. Tabla de prestaciones. Parte superior motor serie F12. Parte inferior serie F1M.

7.8 Mangueras

En la selección de mangueras, una característica importante es la presión de trabajo, el cual trae consigo el definir por categorías cada una de las líneas.

7.8.1 Alta presión.

Estas mangueras con frecuencia son llamadas mangueras de “dos alambres” , porque generalmente tienen un esfuerzo de dos trenzas de alambre de acero de alta tensión. Siempre se encuentran en aplicaciones de alta presión tales como equipos de

construcción. El rango de presión de operación varía de 6000 psi para tamaños de 3/16” D.I. hasta 1825 psi para tamaños de 2”.

Básicamente con dos refuerzos de acero, son mangueras de alto movimiento que cumplen normas Americanas, Europeas y algunas especiales.

7.8.2 Baja presión.

Están diseñadas para usarse en diferentes aplicaciones por presiones por debajo de 300 psi. Su refuerzo es generalmente textil. Son utilizadas en equipo hidráulico de baja presión y también para conducir fluidos de base petróleo, combustible diesel, aceite lubricante caliente, aire, agua y anticongelantes de glicol.

Figura 4.10a. Manguera de baja presión.

7.8.3 Media presión industrial.

En construcción con trenza de acero, las mangueras de media presión industrial son muy flexibles por su cubierta delgada, lo cual facilita el ruteo de los ensambles en los equipos. Diseñadas para trabajar en rangos de 300 a 3000 psi, normalmente estas mangueras se utilizan con conexiones permanentes. Algunas fabricadas de tal forma que exceden el radio de doblez estipulado por la norma SAE.

Figura 10b. Manguera de media presión industrial.

Mangueras diseñadas con refuerzo de textil o de alambre trenzado, para trabajar rangos de operación entre 300 y 3000 psi. Pueden conducir aceites, soluciones anticongelantes o agua.

7.9 Guía para la selección del diámetro interior de la manguera (caudal y velocidad).

Esta grafica se utiliza para determinar el diámetro interno de la manguera que se necesita para cumplir con el caudal y los requerimientos de velocidad.

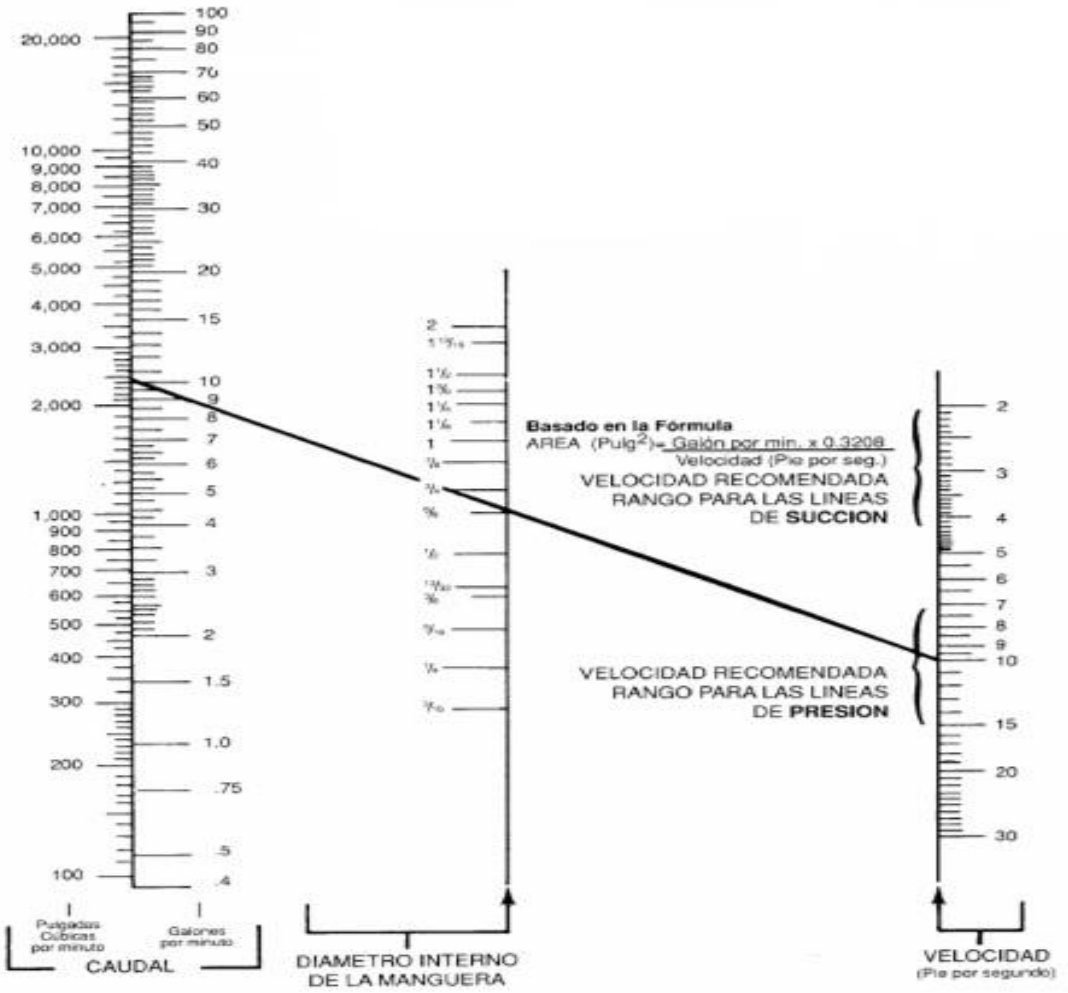


Figura 7.11. Grafica que se utiliza para determinar el diámetro interno de las mangueras.

Puesto que los datos para la selección de las mangueras fueron previamente calculadas (Ver documento. Diseño fabricación y puesta en marcha de una cosechadora para caña entera en verde sin quema), la selección se realiza bajo los datos obtenidos.

Diámetro interior	Presión de trabajo	Manguera de alta presión.
3/8 pulgadas	4000 Psi.	

Tabla 7.2. Datos para la selección de las mangueras.

7.10 Manguera hidráulica fabricada bajo Norma DIN 20022-2SN (Alta presión).

Figura 7.12 Manguera hidráulica fabricada bajo Norma DIN 20022-2SN.

Uso: En equipo y maquinarias de construcción, agrícolas, mineras y transporte en general, en líneas de alta presión, para el transporte de aceites minerales, hidráulicos, emulsiones de agua y aceite.

Resiste temperaturas entre -40° y +100° C máximo y en lapsos cortos de hasta 125° C.

Tubo interior: De caucho sintético resistente a los aceites. Refuerzo: Dos mallas trenzadas de alambre de acero endurecida y templado. Cubierta: Caucho sintético resistente a la abrasión e intemperie.

Medida	Diámetro interior (Pulg./mm)	Diámetro Exterior mm (+/- 1.2)	Presión de Trabajo		Presión de Prueba		Presión de Ruptura		Radio de Curvatura
			Bar	PSI	Bar	PSI	Bar	PSI	
4	1/4 / 6.4	15	400	5800	640	9275	1600	23200	100
5	5/16 / 7.9	16.6	350	5075	560	8115	1400	20300	115
6	3/8 / 9.5	19	330	4785	528	7650	1320	19140	130
8	1/2 / 12.7	22.2	275	3990	440	6376	1100	15960	180
10	5/8 / 15.9	25.4	250	3625	400	5797	1000	14500	200
12	3/4 / 19.0	29.3	215	3120	340	4927	850	12480	240
16	1 / 25.4	38.1	165	2395	260	3768	650	9570	300
20	1 1/4 / 31.8	48.3	125	1810	200	2898	500	7240	420
24	1 1/2 / 38.1	55	90	1305	144	2087	360	5220	500
32	2 / 50.8	67.4	80	1160	128	1855	320	4640	630

Figura 7.13. Tabla de prestaciones para selección de mangueras de alta presión.

De la tabla anterior seleccionamos la manguera de medida 6.

7.11 Electroválvulas

Estas válvulas se utilizan cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrico, presostatos o mandos electrónicos. En general, se elige el accionamiento eléctrico para mandos con distancias extremadamente largas y cortos tiempos de conexión.

Las electroválvulas se dividen en monoestables y biestables.

Las electroválvulas monoestables solamente tienen una bobina (electroimán) en un costado de la válvula que es accionada por una bobina eléctrica que recibe una señal ya sea de corriente directa o corriente alterna en la cual los valores del voltaje pueden variar.

Para la selección de las electroválvulas ha de tomarse en cuenta la factibilidad y eficiencia de las mismas.

7.11.1 Electroválvulas MN2H, ISO 5599-1

La electroválvula MN2H es una válvula monoestable de 5/2 vías que maneja un caudal de 1200 hasta 4 500 litros por min, conectada a una tensión de 24 V de CD, 110, 230 V de AC.

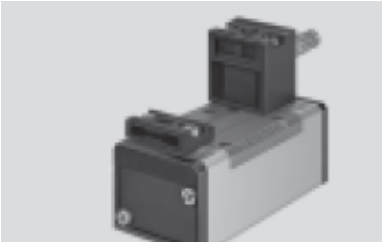


Figura 7.14. Electroválvulas MN2H.

- Es válvula de corredera y sus juntas son de material sintético.
- El tipo de accionamiento puede es eléctrico.
- La forma de reposición es mediante un muelle mecánico o neumático.
- Tipo de mando servopilotaje.
- Sentido del flujo Irreversible.
- Función de escape con estrangulación.
- Accionamiento manual auxiliar con accesorio, enclavado.
- Posición de montaje Indistinta

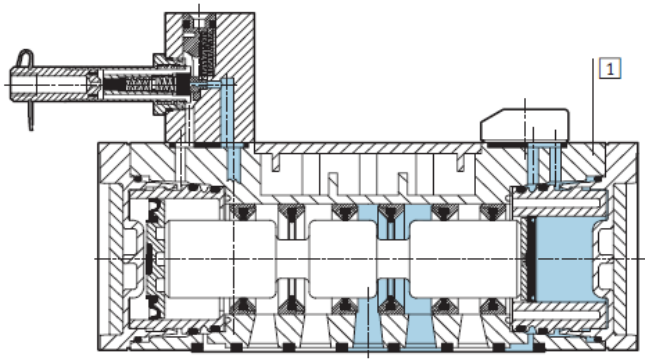


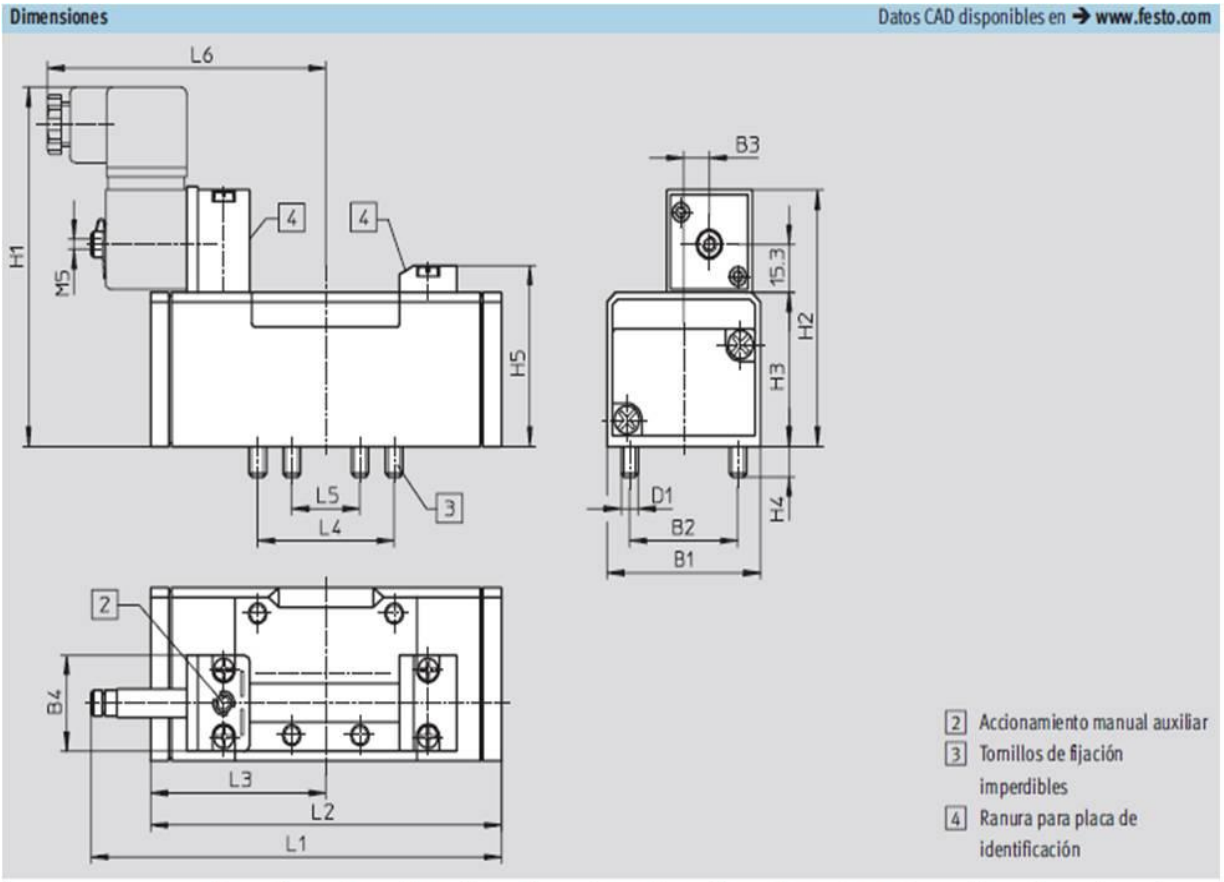
Figura 7.14a. Sección de la electroválvula 5/2 monoestable, MN2H.

La tabla que se muestra a continuación proporciona datos eléctricos para la activación y manipulación de la electroválvula monoestable MN2H, ISO 5599-1.

Conexión eléctrica			Conector cuadrado tipo clavija, según NE 175 301-803, forma A
Tensión de funcionamiento	Tensión continua	[V DC]	24
	Tensión alterna	[V AC]	110/230 (50 ... 60 Hz)
Valores característicos de las bobinas	Tensión continua	[W]	2,5
	Tensión alterna	[VA]	Atracción: 7,5 Mantenimiento: 5
Clase de protección según NE 60 529			IP65

Figura 7.14b. Tabla de datos eléctricos para la electroválvula 5/2 MN2H.

Hoja de datos: válvulas 5/2 vías.



Tipo	B1	B2	B3	B4	D1	H1	H2	H3	H4	H5	L1	L2	L3	L4	L5	L6
Tamaño ISO 1																
MN1H-5/2-...	42	28	6	30	M5	106	74	38	9	46,5	117,5	87,6	43,8	36	18	89
MN1H-5/2-...-FR											128	98				
Tamaño ISO 2																
MN1H-5/2-...	54	38	9	30	M6	116	84	48	9,5	56,5	147,6	123,4	61,7	48	24	98
MN1H-5/2-...-FR											161,5	140,7				
Tamaño ISO 3																
MN1H-5/2-...	65	48	12	30	M8	123	91	55	12	63,5	169	145,4	72,7	64	32	109
MN1H-5/2-...-FR											184,8	164,7				

Figura 7.14c. Tabla de dimensiones para la electroválvula 5/2.

Referencias

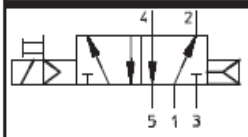
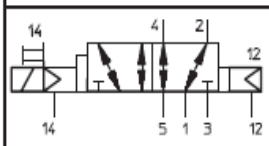
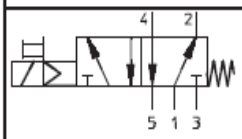
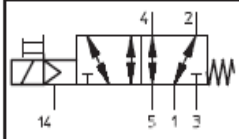
Esquema de conexiones	Descripción	Tamaño ISO	Nº de artículo	Tipo
	Sin bobina N1 [1] Alimentación interna del aire de pilotaje Reposición neumática	1	159 688	MN1H-5/2-D-1-C
			184 637	MN1H-5/2-D-1-C-CT [2]
		2	159 700	MN1H-5/2-D-2-C
			184 640	MN1H-5/2-D-2-C-CT [2]
		3	159 712	MN1H-5/2-D-3-C
			184 643	MN1H-5/2-D-3-C-CT [2]
	Sin bobina N1 [1] Alimentación externa del aire de pilotaje Reposición neumática	1	159 686	MN1H-5/2-D-1-S-C
		2	159 698	MN1H-5/2-D-2-S-C
		3	159 710	MN1H-5/2 D-3-S-C
	Sin bobina N1 [1] Alimentación interna del aire de pilotaje Reposición mecánica	1	159 687	MN1H-5/2-D-1-FR-C
			184 638	MN1H-5/2-D-1-FR-C-CT [2]
		2	159 699	MN1H-5/2-D-2-FR-C
			184 641	MN1H-5/2-D-2-FR-C-CT [2]
		3	159 711	MN1H-5/2-D-3-FR-C
			184 644	MN1H-5/2-D-3-FR-C-CT [2]
	Sin bobina N1 [1] Alimentación externa del aire de pilotaje Reposición mecánica	1	159 716	MN1H-5/2-D-1-FR-S-C
		2	159 718	MN1H-5/2-D-2-FR-S-C
		3	160 896	MN1H-5/2-D-3-FR-S-C

Figura 7.14d. Esquema de conexiones de electroválvulas 5/2.

7.12 Actuador lineal.

Para la selección del cilindro hidráulico procedemos a hacer un análisis del esfuerzo al que ha de estar sometido, así como la carga que ha de mover o soportar.

En el diseño del implemento agrícola se tienen dos tolvas o contenedores que almacenan la caña verde ya procesada en cantidades de 1.5 a 2 toneladas en cada tolva (Diseño de transportador de alimentación final para etapa 3 de cosechadora de caña en verde. Carpeta documentos de residencia.), estas tolvas tienen las siguientes especificaciones:

Partes	Largo	Ancho	Espesor	Volumen (m^3)
Base rectangular	2 m	0.8 m	0.002 m	0.0032
Pared rectangular	2 m	1 m	0.001 m	0.002
Pared rectangular	0.8 m	1 m	0.001 m	0.0008

Tabla 7.3. Dimensiones de la tolva para el almacenamiento de la caña procesada.

En el diseño de estas tolvas se usa Acero AISI 302 (alta resistencia); lo que nos ha de interesar de este material es su densidad.

Densidad del Acero AISI 302 (alta resistencia) = 7, 860 $\frac{kg}{m^3}$.

Calculamos el volumen total de la tolva.

$$V = V\ de\ la\ base\ rectangular + (2\ x\ V\ de\ la\ pared\ 1) + (2\ x\ V\ de\ la\ pared\ 2) \ldots\ldots 7.12.1$$

$$V = \left(0.0032 + (2\ x\ 0.002) + \ (2\ x\ 0.0008)\right)m^3 = \ 0.0088\ \ m^3 \ldots\ldots 7.12.2$$

Calculamos el peso total de la tolva.

$$W_{tolva} = (densidad)(volumen)(gravedad) \ldots\ldots 7.12.3$$

$$W_{tolva} = \left(7,860\ \frac{kg}{m^3}\ .\right)(0.0088\ \ m^3)\left(9.81\frac{m}{s^2}\right) = 678.5\ \ Kgf \ldots\ldots 7.12.4$$

$$W_{caña} = (masa)(gravedad) = (2000\ kg)\left(9.81\frac{m}{s^2}\right) = 19,620\ \ Kgf \ldots\ldots 7.12.5$$

El peso total que ha de soportar el pistón es de:

$$W_{total} = W_{tolva} + W_{caña} = 678.5 + 19\ 620 = \ \ 20,298.5\ Newtons \ldots\ldots 7.12.6$$

Con esto calculamos el esfuerzo sobre la base rectangular.

$$A = (2\ m)(0.8m) = 1.6\ m^2 \ldots\ldots 7.12.7$$

$$\sigma = \frac{W_{total}}{A} = \frac{20{,}298.5\ N}{1.6\ m^2} = 12,686.6\ Pa. \ldots\ldots 7.12.8$$

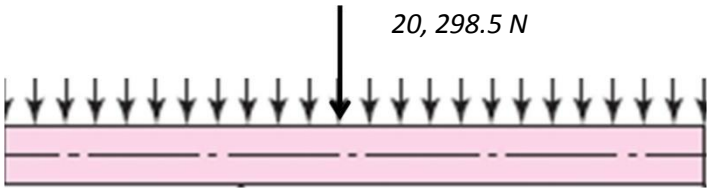


Figura 7.15. Carga distribuida en la base de la tolva.

Tomando un factor de seguridad de 1.5

$$\sigma_{max} = (fs)\ x\ \sigma = (1.5)(12,686.6\ Pa) = 19,029.9\ Pa \ldots\ldots 7.12.9$$

Por lo cual el esfuerzo máximo que ha de soportar el pistón es de $\sigma_{max} = 19,.03\ KPa$.

7.12.1 Selección del cilindro hidráulico serie CHN

Los cilindros hidráulicos de acero inoxidable de la serie CHN se presentan en cuatro pequeños diámetros (ø20, ø25, ø32, ø40) y puede soportar presiones nominales de hasta 7 MPa.

Figura 4.16. Cilindro hidráulico serie CHN.

De las características de este tipo de pistones se muestra la tabla siguiente.

Serie	Presión nominal	Diámetro	Fijaciones de montaje.	Detector magnético.
CHN	7.0 MPa.	20 25 32 40	Modelo básico Fijación por escuadras Brida delantera Brida trasera Fijación oscilante macho	Montaje en banda Tipo Reed Tipo estado sólido

Tabla 7.4. Características técnicas para la selección de pistones CHN.

En seguida se muestra algunas características técnicas y tablas de datos de operación para este tipo de cilindros hidráulicos.

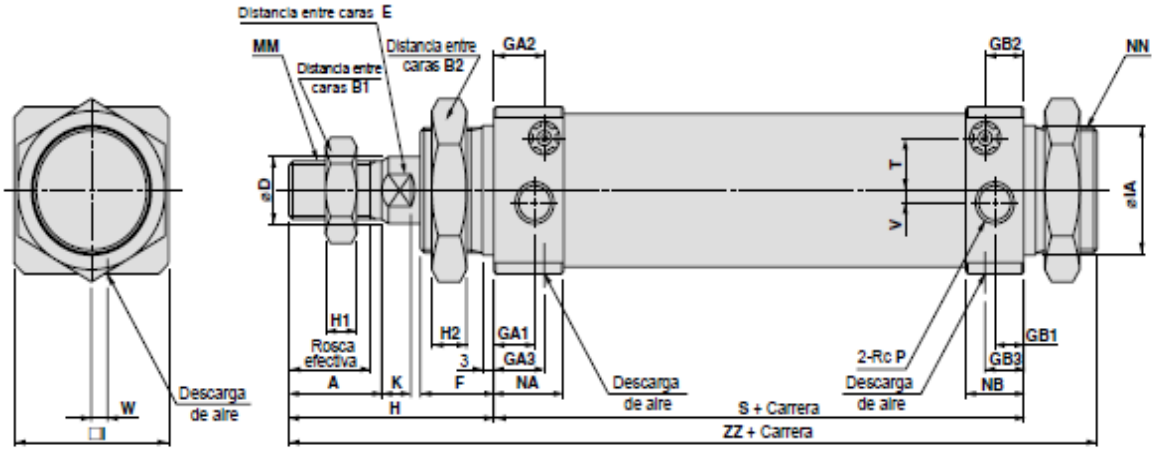
Funcionamiento	Doble efecto con vástago simple
Fluido	Aceite hidráulico
Presión nominal	7MPa
Presión de prueba	10.5MPa
Presión máxima admisible	9MPa
Presión mín. de trabajo	0.3MPa
Temperatura ambiente y de fluido	Sin detector magnético: –10° hasta 80 °C
	Con detector magnético –10° hasta 60 °C
Velocidad del émbolo	8 a 300mm/s
Amortiguación	Amortiguación interna regulable
Rosca extremo vástago	Rosca macho
Tolerancia de rosca	Clase 2 JIS
Tolerancia de longitud de carrera	hasta 250mm $^{+1.0}_{0}$ 251 a 800mm $^{+1.4}_{0}$
Modelos de montaje	Modelo básico, modelo escuadra brida trasera, brida delantera fijación oscilante macho

Esfuerzo teórico

Unidad (N)

Diámetro (mm)	Tamaño vástago (mm)	Sentido del movimiento	Área efectiva (mm^2)	Presión de trabajo (MPa)			
				1	3	5	7
20	10	SALIDA	314	314	942	1570	2198
		ENTRADA	235	235	705	1175	1645
25	12	SALIDA	490	490	1470	2450	3430
		ENTRADA	377	377	1131	1885	2639
32	16	SALIDA	804	804	2412	4020	5628
		ENTRADA	603	603	1809	3015	4221
40	18	SALIDA	1256	1256	3768	6280	8792
		ENTRADA	1002	1002	3006	5010	7014

Figura 7.17. Tabla superior datos técnicos e inferior esfuerzo teórico del cilindro hidráulico CHN.



(mm)

Diámetro (mm)	Rango de carrera (mm)	Longitud rosca efectiva (mm)	A	B1	B2	D	E	F	GA1	GA2	GA3	GB1	GB2	GB3	H	H1	H2	I
20	25 a 300	15.5	18	13	26	10	8	16	10	12	12	8	10	10	41	5	8	31
25	25 a 400	19.5	22	17	32	12	10	16	10	12	12	8	10	10	46	6	8	34
32	25 a 500	21	24	22	38	16	14	19	11	13	13	8	10	10	53	8	9	40
40	25 a 500	21	24	24	41	18	16	21	12	17	17	11	16	16	54	10	11	48

(mm)

Diámetro (mm)	IA	K	MM	NA	NB	NN	P	S	T	V	W	ZZ
20	23f8	5	M8	17	15	M22 x 1.5	1/8	81	9.5	4.5	6.5	138
25	25f8	5.5	M10 x 1.25	17	15	M24 x 1.5	1/8	81	11	3.5	5.5	143
32	31f8	7.5	M14 x 1.5	18	15	M30 x 1.5	1/8	87	13	3	4	159
40	34f8	7.5	M16 x 1.5	22	21	M33 x 2	1/4	108	16	5	0	183

Figura 7.18. Modelo básico CHNB, dimensiones y tabla de prestaciones.

7.13 Sensores.

El emplear sensores en el control del implemento agrícola es necesario para automatizar una parte del proceso.

Como ha de detectarse el nivel de la tolva cuando esta se encuentre llena emplearemos sensores del tipo infrarrojo, con un retardo en el envió de la señal.

Las razones para el uso de sensores infrarrojos son las siguientes:

- Su diseño es mucho más compacto y pequeño que el de los sensores ultrasónicos.
- Su salida es un voltaje proporcional a la distancia.
- No necesitamos ningún circuito para adaptar la señal.
- Podemos conectarla directamente al microcontrolador lo que facilita mucho las cosas.
- Podemos utilizar sensores analógicos o binarios según las necesidades y según la disponibilidad de pines en el microcontrolador.
- Únicamente necesitamos tres cables para cada sensor. Dos para la alimentación y uno para la salida.

Sensor	Rango de medida (cm)
GP2Y0A41SK0F	4-30
GP2Y0A21YK0F	10-80
GP2Y0D02YK0F	20-150

Figura 7.19. Tabla de datos del sensor infrarrojo e imagen representativa.

El tipo de sensor que hemos de emplear es el GP2Y0D02YK0F que tiene un rango de medida de 20 a 150 cm, ideal para las necesidades que se presentan.

7.14 Control

Para el control de las operaciones que se han de llevar a cavo en cada fase del implemento agrícola, es necesario emplear un controlador, para este caso se utilizará un PLC.

El cual se define como un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicos tipos de máquinas o procesos.

7.14.1 PLC siemens (S7-200)

La gama S7-200 comprende diversos sistemas de automatización pequeños (Micro-PLCs) que se pueden utilizar para numerosas tareas.

El S7-200 vigila las entradas y cambia el estado de las salidas conforme al programa de usuario que puede incluir operaciones de lógica booleana, operaciones con contadores y temporizadores, operaciones aritméticas complejas, así como comunicación con otros aparatos inteligentes. Gracias a su diseño compacto, su configuración flexible y su amplio juego de operaciones, el S7-200 es especialmente apropiado para solucionar numerosas tareas de automatización.

Figura 7.20. PLC siemens (S7-200)

7.14.2 Características del CPU S7-200

La CPU S7--200 incorpora en una carcasa compacta un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y de salida que conforman un potente Micro-PLC. Tras haber cargado el programa en el S7-200, éste contendrá la lógica necesaria para supervisar y controlar los aparatos de entrada y salida de la aplicación.

Siemens ofrece diferentes modelos de CPUs S7--200 que ofrecen una gran variedad de funciones y prestaciones para crear soluciones efectivas de automatización destinadas a numerosas aplicaciones. En la tabla 4.22 se comparan de forma resumida algunas de las funciones de la CPU.

7.14.3 Requisitos del sistema

STEP 7-Micro/WIN se puede ejecutar en un ordenador (PC), o bien en una programadora de Siemens. El PC o la PG debe cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- Sistema operativo: Windows 2000, Windows XP, Vista.

- 350 Mbyte libres en el disco duro (como mínimo).

- Ratón (recomendado).

7.14.4. Paneles táctiles TP070 y TP170 micro.

El OP 73micro y TP 177micro son paneles diseñados para las aplicaciones del Micro PLC S7--200 SIMATIC, ofreciendo funciones de operación y supervisión para máquinas y plantas pequeñas. Los breves tiempos de configuración y puesta en marcha, así como su configuración en WinCC flexible son importantes ventajas de estos paneles. Además, soportan hasta 32 idiomas de configuración y cinco idiomas en línea, incluyendo los juegos de caracteres asiático y cirílico.

Las dimensiones de montaje del panel de operador OP 73micro con su display gráfico de 3” son compatibles con el OP3 y TD 200.

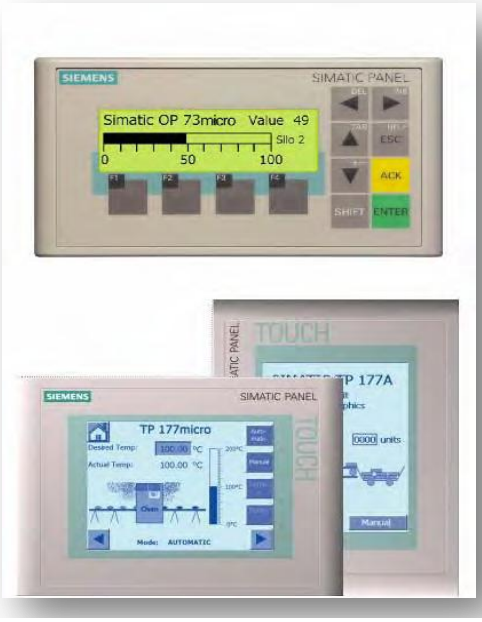


Figura 7.21. Paneles táctiles TP070 y TP170

.

El panel táctil TP 177micro sustituye el panel táctil TP 070/TP 170micro. Se puede montar verticalmente para integrar aplicaciones adicionales. Ello permite utilizarlo incluso si se dispone de poco espacio.

Función	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP, CPU 224XPsi	CPU 226
Dimensiones físicas (mm)	90 x 80 x 62	90 x 80 x 62	120,5 x 80 x 62	140 x 80 x 62	190 x 80 x 62
Memoria del programa: con edición en runtime sin edición en runtime	 4096 bytes 4096 bytes	 4096 bytes 4096 bytes	 8192 bytes 12288 bytes	 12288 bytes 16384 bytes	 16384 bytes 24576 bytes
Memoria de datos	2048 bytes	2048 bytes	8192 bytes	10240 bytes	10240 bytes
Memoria de backup	50 horas (típ.)	50 horas (típ.)	100 horas (típ.)	100 horas (típ.)	100 horas (típ.)
E/S integradas Digitales Analógicas	 6 E/4 S	 8 E/6 S	 14 E/10 S	 14 E/10 S 2 E/1 S	 24 E/16 S
Módulos de ampliación	0 módulos	2 módulos[1]	7 módulos[1]	7 módulos[1]	7 módulos[1]
Contadores rápidos Fase simple Dos fases	 4 a 30 kHz 2 a 20 kHz	 4 a 30 kHz 2 a 20 kHz	 6 a 30 kHz 4 a 20 kHz	 4 a 30 kHz 2 a 200 kHz 3 a 20 kHz 1 a 100 kHz	 6 a 30 kHz 4 a 20 kHz
Salidas de impulsos (DC)	2 a 20 kHz	2 a 20 kHz	2 a 20 kHz	2 a 100 kHz	2 a 20 kHz
Potenciómetros analógicos	1	1	2	2	2
Reloj de tiempo real	Cartucho	Cartucho	Incorporado	Incorporado	Incorporado
Puertos de comunicación	1 RS-485	1 RS-485	1 RS-485	2 RS-485	2 RS-485
Aritmética en coma flotante	Sí				
Tamaño de la imagen de E/S digitales	256 (128 E / 128 S)				
Velocidad de ejecución booleana	0.22 microsegundos/operación				

8.0 RESULTADOS (PROGRAMA ATUMATION STUDIO 5.0)

8.1 Diagramas de simulación en Automation Studio.

El circuito hidráulico que se presenta a continuación nos da una perspectiva del funcionamiento que debe presentarse en el implemento agrícola.

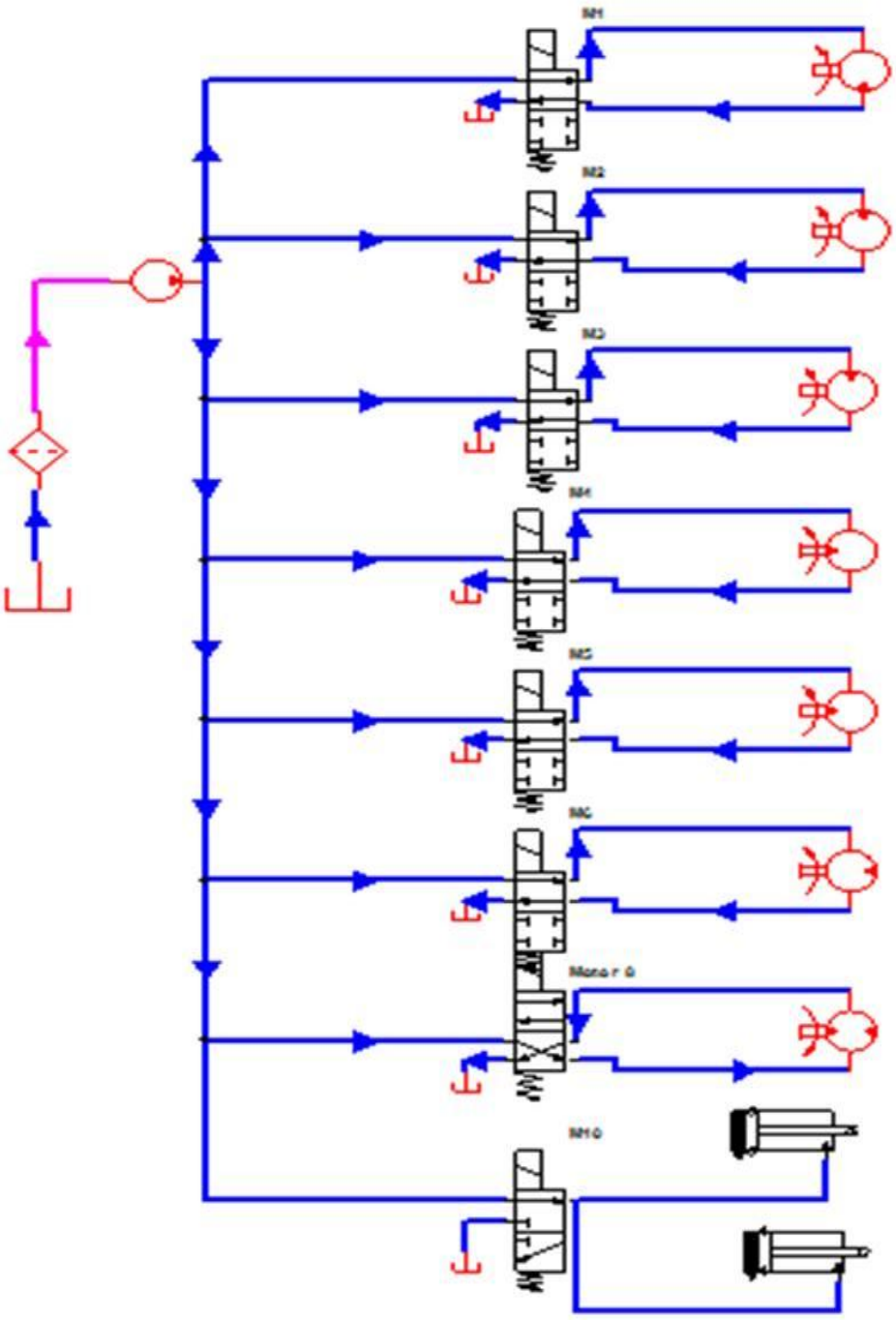


Figura 8.1. Diagrama del circuito hidráulico para el implemento agrícola.

8.2 Programación en escalera.

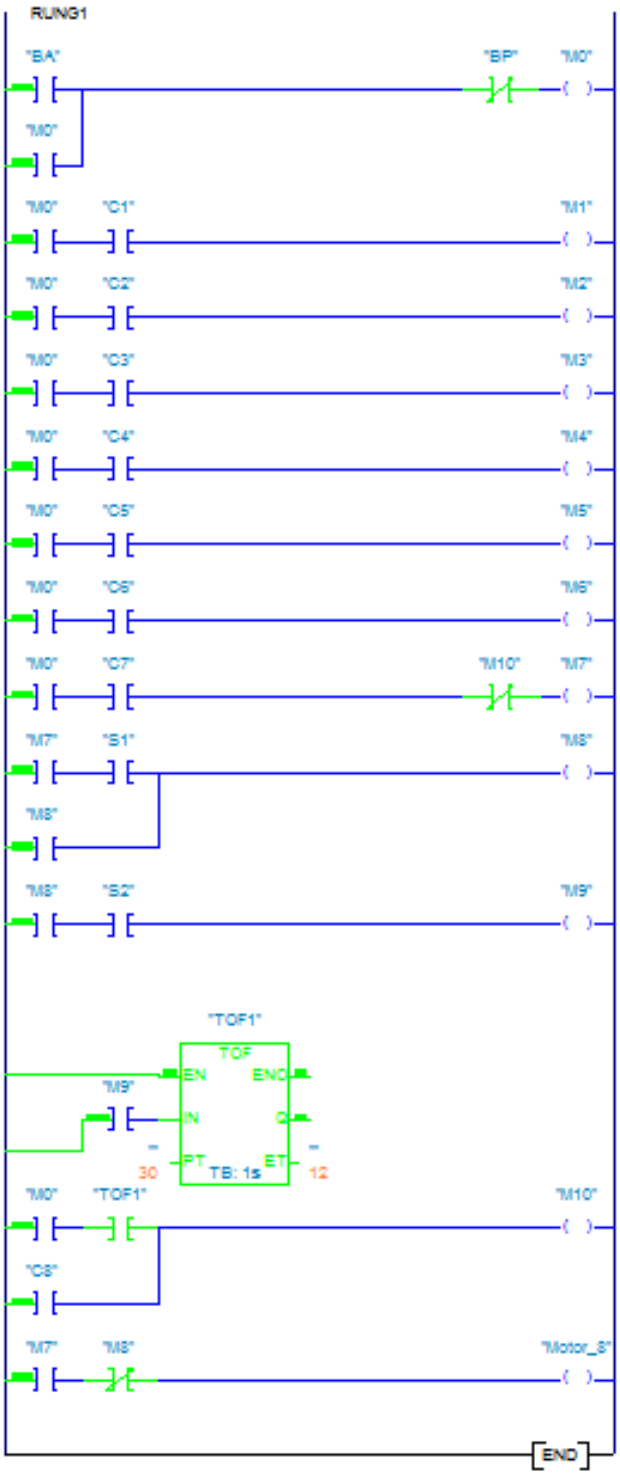


Figura 8.2. Diagrama en escalera para la activación y funcionamiento del circuito hidráulico.

La programación de el PLC puede darse en un lenguaje estándar y ajustarse a la programación exacta para el PLC S7-200 el cual no varía en demasía; el lenguaje aquí empleado es ladder IEC for PLC, cargado en la librería del software Automation Studio.

Para ver la funcionalidad de la simulación se anexa el archivo en Automation Studio.

Cdad	Nombre del componente
1	Válvula 4/2 NA - Control eléctrico con muelle de recuperación
6	Válvula 4/2 NC - Control eléctrico con muelle de recuperación
40	Línea de presión
3	Contacto normalmente cerrado (NC)
26	Contacto normalmente abierto (NA)
1	Filtro
1	Motor bidireccional
1	Bomba unidireccional con cilindrada fija
1	Válvula 3/2 NC - Control eléctrico, con muelle de recuperación
8	Solenoide
1	Temporizador a la desconexión (TOF)
1	Barras
12	Relé (CO)
6	Motor unidireccional
9	Depósito atmosférico
12	Pulsador Normalmente Abierto
2	Cilindro de simple efecto salida por muelle
8	Muelle de recuperación

Figura 8.3. Tabla de accesorios generada por Automation Studio.

9.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El buen uso del ingenio de los seres humanos ha dejado grandes huellas en la historia de la humanidad. Las necesidades y problemas que aquejan a los diversos sectores productivos dan pauta al uso del mismo.

La creación de un implemento agrícola para el corte de caña en verde, muestra cualidades de ingenio, su finalidad y necesidades a resolver sin duda alguna solventan problemas que nos afectan a todos, tal es el caso del calentamiento global o la destrucción de ecosistemas, contribuyendo con un granito de arena es un buen indicio de un cambio en nuestra forma de vida.

El diseño de cada parte del implemento agrícola así como del sistema de control son labores que deben ejecutarse con mucha precisión, es de resaltar que en este trabajo se presentan rasgos generales y específicos del sistema de control que ha de constituir al implemento agrícola para corte de caña de azúcar en verde.

Ahora desde un punto de vista técnico la fabricación de un implemento agrícola con características distintivas y originales, viene a revolucionar la forma convencional de cosecha de caña de azúcar. Es más que evidente que el impacto que tendrá este proyecto en la sociedad será totalmente positivo además de ser en el sector agrícola algo innovador.

La principal recomendación que ha de considerarse es el hecho de que los cálculos aquí realizados y las selecciones de los catálogos respectivos, nos darán una solución teórica al problema planteado, puede presentarse que en la aplicación empírica haya que cambiar algunos parámetros aquí estipulados. Por cualquier duda que se tenga respecto a la selección de elementos, puede acudir al CD y ubicar los catálogos de los cuales se hizo uso.

Como punto de vista particular a este tipo de proyectos, es de rescatarse que los avances tecnológicos no son del todo malos siempre y cuando engloben el concepto de desarrollo sustentable, con lo cual darían soluciones a problemas que nos afectan a todos.

10.0 FUENTES DE INFORMACIÓN.

Bezares SA. Catalog _ Hydraulic Pumps and Motors. Publicación 2012, pp. 5-7

Claudio Mataix. Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas. Madrid. Editorial del castillo. 2da edición.

Dixon Valve and Coupling. Catálogo de mangueras. Publicación agosto 2012, pp. 16.

FESTO. Catalogo Festo válvulas estándar. Ficha tecnica-380691. Publicación 2012, pp.18-23.

Mailleux company copyright. Enganches delanteros MX. Catálogo de maquinaria Agrícola. Publicación 2002.

Raúl Salazar Zavaleta. Diseño fabricación y puesta en marcha de una cosechadora para caña entera en verde sin quema. Agosto 2012.

Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett. Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. McGraw-Hill/Interamericana Editores. 2008 octava edición.

SIEMENS SIMATIC. Manual del sistema de automatización S7-200. Impreso en Alemania. Publicación 2008.

http://www.bdigital.unal.edu.co/2004/1/35113264.2010.pdf

http://www.deere.com/wps/dcom/es_LA/products/equipment/sugarcane_harvester/harvester_3520/harvester_3520.page

http://www.automatic-valves.com/catalogo-automatic-valves.php

http://mangueras-hidraulicas.com/

http://www.tecnoficio.com/docs/doc62.php

http://mecatronica.wordpress.com/2007/09/24/sensor-infrarrojo/

http://www.siemens.com/

11.0 ANEXOS. (Datos técnicos de las CPUs)

Nº de referencia	Modelo de CPU	Alimentación (nominal)	Entradas digitales	Salidas digitales	Puertos COM	Entradas analógicas	Salidas analógicas	Conector extraíble
6ES7 211-0AA23-0XB0	CPU 221	24 VDC	6 x 24 VDC	4 x 24 VDC	1	No	No	No
6ES7 211-0BA23-0XB0	CPU 221	120 a 240 VAC	6 x 24 VDC	4 salidas de relé	1	No	No	No
6ES7 212-1AB23-0XB0	CPU 222	24 VDC	8 x 24 VDC	6 x 24 VDC	1	No	No	No
6ES7 212-1BB23-0XB0	CPU 222	120 a 240 VAC	8 x 24 VDC	6 salidas de relé	1	No	No	No
6ES7 214-1AD23-0XB0	CPU 224	24 VDC	14 x 24 VDC	10 x 24 VDC	1	No	No	SI
6ES7 214-1BD23-0XB0	CPU 224	120 a 240 VAC	14 x 24 VDC	10 salidas de relé	1	No	No	SI
6ES7 214-2AD23-0XB0	CPU 224XP	24 VDC	14 x 24 VDC	10 x 24 VDC	2	2	1	SI
6ES7 214-2AS23-0XB0	CPU 224XPsi	24 VDC	14 x 24 VDC	10 x 24 VDC	2	2	1	SI
6ES7 214-2BD23-0XB0	CPU 224XP	120 a 240 VAC	14 x 24 VDC	10 salidas de relé	2	2	1	SI
6ES7 216-2AD23-0XB0	CPU 226	24 VDC	24 x 24 VDC	16 x 24 VDC	2	No	No	SI
6ES7 216-2BD23-0XB0	CPU 226	120 a 240 VAC	24 x 24 VDC	16 salidas de relé	2	No	No	SI

Tabla a1 . Numero de referencias de las CPUs.

Nº de referencia	Nombre y descripción de la CPU	Dimensiones en mm (l x a x p)	Peso	Disipación	VDC disponible +5 VDC	VDC disponible +24 VDC[1]
6ES7 211-0AA23-0XB0	CPU 221 DC/DC/DC 6 entradas/4 salidas	90 x 80 x 62	270 g	3 W	0 mA	180 mA
6ES7 211-0BA23-0XB0	CPU 221 AC/DC/relé 6 entradas/4 salidas de relé	90 x 80 x 62	310 g	6 W	0 mA	180 mA
6ES7 212-1AB23-0XB0	CPU 222 DC/DC/DC 8 entradas/6 salidas	90 x 80 x 62	270 g	5 W	340 mA	180 mA
6ES7 212-1BB23-0XB0	CPU 222 AC/DC/relé 8 entradas/6 salidas de relé	90 x 80 x 62	310 g	7 W	340 mA	180 mA
6ES7 214-1AD23-0XB0	CPU 224 DC/DC/DC 14 entradas/10 salidas	120,5 x 80 x 62	360 g	7 W	660 mA	280 mA
6ES7 214-1BD23-0XB0	CPU 224 AC/DC/relé 14 entradas/10 salidas de relé	120,5 x 80 x 62	410 g	10 W	660 mA	280 mA
6ES7 214-2AD23-0XB0	CPU 224XP DC/DC/DC 14 entradas/10 salidas	140 x 80 x 62	390 g	8 W	660 mA	280 mA
6ES7 214-2AS23-0XB0	CPU 224XPsi DC/DC/DC 14 entradas/10 salidas	140 x 80 x 62	390 g	8 W	660 mA	280 mA
6ES7 214-2BD23-0XB0	CPU 224XP AC/DC/relé 14 entradas/10 salidas de relé	140 x 80 x 62	440 g	11 W	660 mA	280 mA
6ES7 216-2AD23-0XB0	CPU 226 DC/DC/DC 24 entradas/16 salidas	196 x 80 x 62	550 g	11 W	1000 mA	400 mA
6ES7 216-2BD23-0XB0	CPU 226 AC/DC/relé 24 entradas/16 salidas de relé	196 x 80 x 62	660 g	17 W	1000 mA	400 mA

Tabla a2.. Datos técnicos generales de las CPUs.

	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP CPU 224XPsi	CPU 226
Memoria					
Tamaño del programa de usuario con edición en runtime sin edición en runtime	 4096 bytes 4096 bytes		 8192 bytes 12288 bytes	 12288 bytes 16384 bytes	 16384 bytes 24576 bytes
Datos de usuario	2048 bytes		8192 bytes	10240 bytes	10240 bytes
Respaldo (condensador de alto rendimiento) (pila opcional)	Tip. 50 h (mín. 8 h a 40°C) Tip. 200 días		Tip. 100 h (mín. 70 h a 40°C) Tip. 200 días	Tip. 100 h (mín. 70 h a 40°C) Tip. 200 días	
E/S					
E/S digitales	6 E/4 S	8 E/6 S	14 E/10 S	14 E/10 S	24 E/16 S
E/S analógicas	Ninguna			2 E/1 S	Ninguna
Tamaño de la imagen de E/S digitales	256 (128 E/128 S)				
Tamaño de la imagen de E/S analógicas	Ninguno	32 (16 E/16 S)	64 (32 E/32 S)		
N° máx. de módulos de ampliación	Ninguno	2 módulos[1]	7 módulos[1]		
N° máx. de módulos inteligentes	Ninguno	2 módulos[1]	7 módulos[1]		
Entradas de captura de impulsos	6	8	14		24
Contadores rápidos Fase simple Dos fases	4 contadores en total 4 a 30 kHz 2 a 20 kHz		6 contadores en total 6 a 30 kHz 4 a 20 kHz	6 contadores en total 4 a 30 kHz 2 a 200 kHz 3 a 20 kHz 1 a 100 kHz	6 contadores en total 6 a 30 kHz 4 a 20 kHz
Salidas de impulsos	2 a 20 kHz (sólo en salidas DC)			2 a 100 kHz (sólo en salidas DC)	2 a 20 kHz (sólo en salidas DC)
Datos generales					
Temporizadores	256 temporizadores en total: 4 temporizadores de 1 ms, 16 temporizadores de 10 ms y 236 temporizadores de 100 ms				
Contadores	256 (respaldo por condensador de alto rendimiento o pila)				
Marcas internas almacenadas al desconectar la CPU	256 (respaldo por condensador de alto rendimiento o pila) 112 (almacenamiento en EEPROM)				
Interrupciones temporizadas	2 con resolución de 1 ms				
Interrupciones de flanco	4 flancos positivos y/o 4 flancos negativos				
Potenciómetros analógicos	1 con resolución de 8 bits		2 con resolución de 8 bits		
Velocidad de ejecución booleana	0.22 µs por operación				
Reloj de tiempo real	Cartucho opcional		Incorporado		
Cartuchos opcionales	Memoria, pila y reloj de tiempo real		Memoria y pila		
Comunicación integrada					
Puertos (potencia limitada)	1 puerto RS-485			2 puertos RS-485	
Velocidades de transferencia PPI, MPI (esclavo)	9,6, 19,2 y 187,5 kbit/s				
Velocidades de transferencia Freeport	1.2 kbit/s a 115.2 kbit/s				
Longitud máx. del cable por segmento	Con repetidor aislado: 1000 m hasta 187,5 kbit/s, 1200 m hasta 38,4 kbit/s Sin repetidor aislado: 50 m				
N° máximo de estaciones	32 por segmento, 126 por red				
N° máximo de maestros	32				
Punto a punto (modo maestro PPI)	SI (NETR/NETW)				
Enlaces MPI	4 en total, 2 reservados (1 para una PG y 1 para un OP)				

Tabla a3. Datos técnicos de las CPUs.

Datos generales	Entrada de 24 VDC (CPU 221, CPU 222, CPU 224, CPU 226)			Entrada de 24 VDC (CPU 224XP, CPU 224XPsi)
Tipo de datos	Sumidero de corriente/fuente (tipo 1 IEC con sumidero de corriente)			Sumidero de corriente/fuente (tipo 1 IEC, excepto I0.3 a I0.5)
Tensión nominal	Típ. 24 VDC a 4 mA			Típ. 24 VDC a 4 mA
Tensión continua máx. admisible	30 VDC			
Sobretensión	35 VDC, 0,5 s			
Señal 1 lógica (mín.)	15 VDC a 2,5 mA			15 VDC a 2,5 mA (I0.0 a I0.2 y I0.6 a I1.5) 4 VDC a 8 mA (I0.3 a I0.5)
Señal 0 lógica (máx.)	5 VDC a 1 mA			5 VDC a 1 mA (I0.0 a I0.2 e I0.6 a I1.5) 1 VDC a 1 mA (I0.3 a I0.5)
Retardo de entrada	Seleccionable (0,2 a 12,8 ms)			
Conexión de sensor de proximidad de 2 hilos (Bero) Corriente de fuga admisible (máx.)	 1 mA			
Aislamiento (campo a circuito lógico) Aislamiento galvánico Grupos de aislamiento	Sí 500 VAC, 1 minuto Consulte el diagrama de cableado			
Frecuencia de entrada de los contadores rápidos (HSC)				
Entradas HSC	Señal 1 lógica	Fase simple	Dos fases	
Todos los HSC	15 a 30 VDC	20 kHz	10 kHz	
Todos los HSC	15 a 26 VDC	30 kHz	20 kHz	
HC4, HC5 (sólo CPU 224XP y CPU 224XPsi)	> 4 VDC	200 kHz	100 kHz	
Entradas ON simultáneamente	Todas			Todas Sólo CPU 224XP AC/DC/relé: Todas a 55° C con entradas DC a 26 VDC máx. Todas a 50° C con entradas DC a 30 VDC máx.
Longitud del cable (máx.) Apantallado No apantallado	 500 m entradas normales, 50 m entradas HSC[1] 300 m entradas normales			

Tabla a4.. Datos de entradas digitales de las CPUs.

Datos generales	Salida de 24 VDC (CPU 221, CPU 222, CPU 224, CPU 226)	Salida de 24 VDC (CPU 224XP)	Salida de 24 VDC (CPU 224XPsi)	Salida de relé
Tipo de datos	Estado sólidoMOSFET (fuente)		Estado sólidoMOSFET (sumidero)	Contacto de baja potencia
Tensión nominal	24 VDC	24 VDC	24 VDC	24 VDC ó 250 VAC
Rango de tensión	20,4 a 28,8 VDC	5 a 28,8 VDC (Q0.0 a Q0.4) 20,4 a 28,8 VDC (Q0.5 a Q1.1)	5 a 28,8 VDC	5 a 30 VDC ó 5 a 250 VAC
Sobreintensidad (máx.)	8 A, 100 ms			5 A durante 4 s c/u 10% de ciclo de trabajo
Señal 1 lógica (mín.)	20 VDC a intensidad máx.	L+ menos 0,4 V a intensidad máx.	Rail de tensión externo menos 0,4V con 10K de "pull-up" a rail de tensión externo	-
Señal 0 lógica (máx.)	0,1 VDC con 10 K Ω de carga		1M + 0,4V a carga máx.	-
Intensidad nominal por salida (máx.)	0,75 A			2,0 A
Intensidad nominal por neutro (máx.)	6 A	3,75 A	7,5 A	10 A
Corriente de fuga (máx.)	10 µ A			-
Carga de lámparas (máx.)	5 W			30 W DC; 200 W AC[2, 3]
Tensión de bloqueo inductiva	L+ menos 48 VDC, disipación de 1 W		1M +48 VDC, disipación de 1 W	-
Resistencia en estado ON (contactos)	0,3 Ω típ. (0,6 Ω máx.)			0,2 Ω (máx. si son nuevas)
Aislamiento galvánico Aislamiento galvánico (campo a circuito lógico) Circuito lógico a contacto Resistencia (circuito lógico a contacto) Grupos de aislamiento	500 VAC, 1 minuto - - Consulte el diagrama de cableado			- 1500 VAC, 1 min. 100 M Ω Consulte el diagrama de cableado
Retardo (máx.) Off a on (µs) On a off (µs) Conmutación	2µs (Q0.0, Q0.1), 15µs (todas las demás) 10µs (Q0.0, Q0.1), 130µs (todas las demás) -	0,5µs (Q0.0, Q0.1), 15µs (todas las demás) 1,5µs (Q0.0, Q0.1), 130µs (todas las demás) -		- - 10 ms
Frecuencia de impulsos (máx.)	20 kHz[1] (Q0.0 y Q0.1)	100 kHz[1] (Q0.0 y Q0.1)	100 kHz[1] (Q0.0 y Q0.1)	1 Hz
Vida útil mecánica	-	-	-	10.000.000 (sin carga)
Vida útil de los contactos	-	-	-	100.000 (carga nominal)
Salidas ON simultáneamente	Todas a 55° C (horizontal), todas a 45° C (vertical)			
Conexión de dos salidas en paralelo	Sí, sólo salidas de un mismo grupo			No
Longitud del cable (máx.) Apantallado No apantallado	 500 m 150 m			

Tabla a5.. Datos de entradas de alimentación de las CPUs.