

Automatización Del Proceso De Compactado De Una Prensa Hidráulica De Residuos Sólidos

Ing. Abel Choque García

JUNIOR

Carrera de Ingeniería Mecatrónica, Escuela Militar de Ingeniería

La Paz, Bolivia

achoqueg@est.emi.edu.bo



Automation Of The Compacting Process From A Solid Waste Hydraulic Press

Resumen – El presente proyecto tiene como finalidad automatizar una máquina compactadora de residuos sólidos para reducir el tiempo en el proceso de compactado.

Para automatizar la máquina primero se hizo un análisis a esta, luego se identificaron los componentes que se deben añadir y los que se deben reemplazar, se añadió una banda transportadora, sensores de distancia y presión y un plc para controlar la máquina.

La máquina es controlada con un sistema de control de lazo cerrado, con lo cual se logró reducir el tiempo de compactado de 17 a 5,38 minutos.

Palabras Claves— *Automatización, presión, caudal, velocidad*

Abstract - The present project aims to automate a solid waste compacting machine to reduce the time in the compaction process.

To automate the machine, first an analysis was made to the machine, then the components that should be added and those that should be replaced were identified, a conveyor belt, distance and pressure sensors and a plc were added to control the machine.

The machine is controlled with a closed loop control system, thereby reducing the compacting time from 17 to 5.38 minutes.

Keywords— *Automation, pressure, flow, speed*

I. INTRODUCCION

Hoy en día las organizaciones se ven en la necesidad de adecuar nuevas y novedosos avances tecnológicos, así como también desarrollar nuevas herramientas informáticas que permiten a las diferentes empresas e instituciones implementar sistemas integrados que generan grandes beneficios que los hacen más

competitivos y mejorando de esta manera sus procesos internos.

El empleo de las llamadas tecnologías emergentes dentro del espectro de la mecatrónica, informática, telecomunicación y la ingeniería de software, permite con la ayuda de las normativas proporcionadas por las nuevas tecnologías sea posible diseñar y construir soluciones cuyo impacto y valor agregado redundan en todos los escenarios de la revolución de las NTIC (Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación); la apropiación de los desarrollos inherentes a la automatización tecnológica podrán mejorar los procesos de compactado que realiza la prensa hidráulica coadyuvar al diseño de soluciones especializadas con alta calidad y sofisticación para compactar los residuos sólidos.

Hoy en día la automatización de los equipos y maquinarias es importante ya que este concepto tiene como fin controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana programando dispositivos de manera automática para que puedan funcionar de forma independiente o semindependiente del control humano. Considerando siempre un elemento esencial de estos mecanismos de control automático que es el principio de realimentación, que permitirá dotar a una máquina de capacidad de auto corrección.

II. PROCEDIMIENTO

Para realizar la automatización primeramente se realizó un análisis a la máquina donde se encontró las características de los componentes, las dimensiones de las partes y la presión a la que trabaja el sistema, también se identificó los componentes que deben ser cambiados como la válvula distribuidora de accionamiento manual a una de accionamiento eléctrico y los componentes que deben ser añadidos son un PLC para controlar la máquina, una banda transportadora que se encargará de introducir el material, sensores de presión y distancia.

Para encontrar la presión a la que trabaja el sistema hidráulico se utilizó la siguiente fórmula.

$$hp = \frac{gpm \times psi}{1714} \rightarrow psi = \frac{hp \times 1714}{gpm}$$

$$psi = \frac{30 \times 1714}{19} = 2706,3 \text{ psi}$$

$$2706,3 \text{ psi} \times \frac{1 \frac{kg}{cm^2}}{14,223 \text{ psi}} = 190,27 \frac{kg}{cm^2}$$

Se obtiene que la presión a la que trabaja el Sistema es de 190 bar.

Para encontrar la fuerza con la que trabaja la máquina se necesita conocer el área del pistón hidráulico.



Fig. 1. Dimensión del pistón hidráulico

Ya conociendo las dimensiones del pistón hidráulico se procede a calcular la fuerza como se muestra a continuación:

$$P_1 = P_2 \rightarrow P_1 = \frac{F_2}{A_2}$$

$$F_2 = P_1 * A_2 = 190,27 \frac{kg}{cm^2} * 268,8 \text{ cm}^2$$

$$F_2 = 51144,576 \text{ kg}$$

Se obtiene que la fuerza que aplica el pistón hidráulico es de 51 toneladas.

Para encontrar la velocidad a la que desciende este pistón se utiliza la siguiente fórmula

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{72000 \frac{cm^3}{min}}{268,8 \text{ cm}^2} = 267,85 \frac{cm}{min}$$

Se obtiene que el pistón hidráulico desciende a una velocidad de 267 centímetros por minuto

Se procede a calcular la fuerza con que retorna el pistón hidráulico como se muestra a continuación

$$F = P * A = 190,27 \frac{kg}{cm^2} * 136,07 \text{ cm}^2$$

$$F = 25890 \text{ kg}$$

La fuerza con que retorna el pistón hidráulico es de 25890 kilogramos

Se procede a calcular la velocidad a la que retorna el pistón como se muestra a continuación:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{72000 \frac{cm^3}{min}}{136,07 \text{ cm}^2}$$

$$V = 529,13 \frac{cm}{min}$$

Para automatizar la máquina compactadora se le añade una banda transportadora

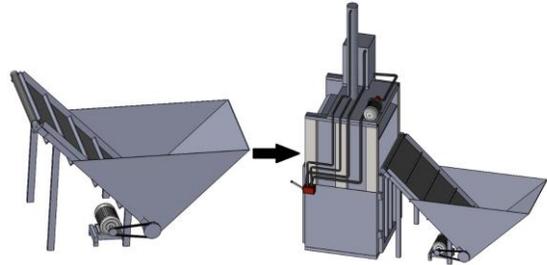


Fig. 2. Banda transportadora

Se realiza una análisis de pandeo a las columnas principales de la banda transportadora como se muestra a continuación:

$$I = \frac{H B^3}{12} = \frac{6 \text{ cm} \cdot (3 \text{ cm})^3}{12} = 13,5 \text{ cm}^4$$

$$Yc = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{K \cdot h}{r}\right)^2}$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{13,5 \text{ cm}^4}{(3 \cdot 6) \text{ cm} - (2,8 \cdot 5,8) \text{ cm}}} = \sqrt{7,67 \text{ cm}^2} = 2,76 \text{ cm}$$

$$Yc = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6 \frac{kg}{cm^2}}{\left(\frac{0,65 \cdot 34 \text{ cm}}{2,76 \text{ cm}}\right)^2} = \frac{20,72 \times 10^6}{64,11}$$

$$Yc = 323194,50 \frac{kg}{cm^2}$$

Por lo tanto, se obtiene que el esfuerzo critico de la segunda columna de la cinta transportadora es de 323194,50 $\frac{kg}{cm^2}$.

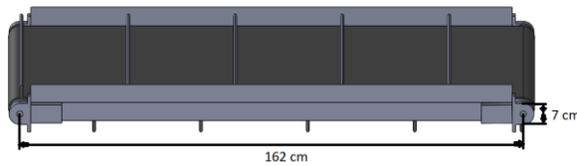


Fig. 3. Dimensiones de banda transportadora

Con los datos de la figura se puede encontrar el largo de la cinta como se muestra a continuación:

$$L = sr + pr = 2 * 162 \text{ cm} + pr$$

$$pr = 2\pi r = 2 * \pi * 3,5 \text{ cm}$$

$$pr = 21,99 \text{ cm}$$

Reemplazando en la ecuación anterior

$$L = 2 * 162 \text{ cm} + 21,99$$

$$L = 345,99 \text{ cm}$$

Se tiene que el largo de la cinta es de 345,99 cm, con este dato se procede a calcular el peso que tiene la banda como se muestra a continuación.

$$A = L * a = 345,99 \text{ cm} * 89 \text{ cm} = 30793,11 \text{ cm}^2$$

$$P = 0,00288 \frac{\text{kg}}{\text{cm}} * 30793,11 \text{ cm}^2 = 86,22 \text{ kg}$$

Para encontrar la capacidad volumétrica se aplica la siguiente fórmula:

$$Q = 3600 * v * A * k$$

La velocidad de la cinta transportadora es de 0,1 m/s.

El área se calcula tomando los datos de ancho de la banda y la altura de los pliegues

$$A = a * h = 89 \text{ cm} * 4 \text{ cm}$$

$$A = 356 \text{ cm}^2$$

Para encontrar la k se aplica la siguiente ecuación

$$k = 1 - 1,64 * \left(\frac{\delta * \pi}{180}\right)^2$$

Donde δ es el grado de inclinación de la cinta transportadora que es de 45 grados, reemplazando este dato en la ecuación se tiene:

$$k = 1 - 1,64 * \left(\frac{45 * \pi}{180}\right)^2$$

$$k = 1 - 1,64 * \left(\frac{45 * \pi}{180}\right)^2$$

$$k = 0,011$$

Reemplazando los datos en la primera ecuación se tiene:

$$Q = 3600 * 0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,0356 \text{ m}^2 * 0,011$$

$$Q = 0,14 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Se obtiene que la capacidad volumétrica de cinta transportadora es de $0,14 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$.

Se procede a calcular el motor de la banda transportadora

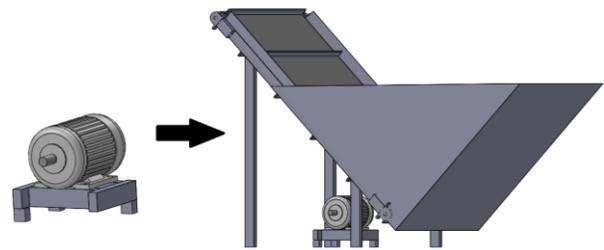


Fig. 4. Motor de banda transportadora

Para encontrar la potencia de motor se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = \frac{w}{t} = \frac{F * d}{t}$$

Para encontrar la fuerza se consideró el peso que tendrá los materiales que estarán en la banda transportadora que es de 300 kg, a este peso se multiplico la gravedad para encontrar la fuerza.

$$F = 300 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = 2943 \text{ N}$$

Reemplazando en la ecuación anterior se tiene:

$$P = 2943 \text{ N} * \frac{d}{t}$$

Sabiendo que distancia sobre tiempo es velocidad, se reemplazó el dato de velocidad de la banda transportadora como se muestra a continuación:

$$P = 2943 \text{ N} * 0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 294,3 \text{ W}$$

Convirtiendo los watts a hp se tiene:

$$294,3 \text{ W} * \frac{1 \text{ hp}}{745,7 \text{ W}} = 0,394 \text{ hp}$$

Se obtiene que para mover la cinta transportadora se necesita un motor que tenga una potencia de 0,394 hp, después de encontrar la potencia del motor se

procedió a encontrar la velocidad en revoluciones por minuto como se muestra a continuación.

$$w = \frac{vt}{r}$$

Donde r es el diámetro del rodillo que es de 7 cm que equivale a 0,07 metros reemplazando este dato en la ecuación se tiene:

$$w = \frac{0,1 \frac{m}{s}}{0,07 \frac{m}}{1}$$

$$w = 1,428 \frac{1}{s}$$

Transformando a revoluciones por minuto se tiene que:

$$w = 1,428 \frac{1}{s} * \frac{60 \frac{s}{min}}{2\pi} = 13,63 \frac{rev}{min}$$

Se obtiene que se requiere un motor de 13,63 revoluciones por minuto.

Como no existe un motor con estas características se optó por acoplar un reductor de engranes al motor, como los engranes tiene una eficiencia de transmisión del 98 por ciento se calcula la nueva potencia del motor como se muestra a continuación.

$$Pm = \frac{P}{r} = \frac{0,394 \text{ hp}}{0,98} = 0,4 \text{ hp}$$

Se obtiene que al aumentar un reductor se necesita 0,4 hp como esa potencia no es comercial se utilizó un motor de 0,5 hp y 900 revoluciones por minutos, para encontrar la relación de transmisión del reductor se utilizó la ecuación la siguiente fórmula

$$i = \frac{ne}{ns} = \frac{900}{13,63} = 66$$

Se obtiene que se requiere un reductor con una relación de 66 eso significa que por cada 66 vueltas que gire el motor el rodillo de la banda transportadora dará una Vuelta.

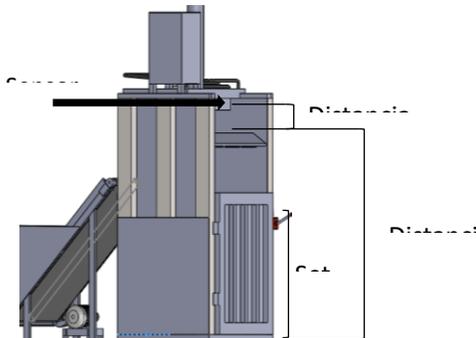


Fig. 4. Ubicación del sensor de distancia

Para encontrar el tiempo que necesita la banda transportadora la llenar la fosa de compactación se utiliza la siguiente fórmula:

$$t(s) = \frac{D(cm^3)}{Q(\frac{cm^3}{s})}$$

Donde:

t= tiempo

D= Espacio a llenar

Q= Capacidad volumétrica de la banda transportadora

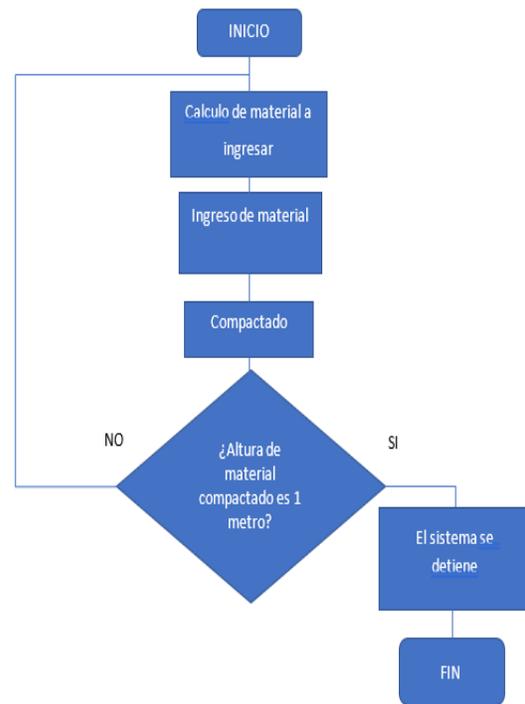


Fig. 5. Diagrama de flujo del funcionamiento de la máquina

Para encontrar el tiempo total que la máquina tarda en compactar de forma automática, se realizó el cálculo de tiempos tomando en cuenta que el material se reduce aproximadamente 5 veces su tamaño, para el primer ciclo de compactación la máquina se encuentra vacío por lo que se tiene:

$$t = V/Q = (1 \text{ m}^3) / (0,14 \text{ m}^3/s)$$

$$t = 7,14 \text{ s}$$

Convirtiendo a minutos se tiene:

$$7,14 \text{ s} * (1 \text{ min}) / (60 \text{ s}) = 0,119 \text{ min}$$

Se obtiene que, para el primer ciclo la banda transportadora tarda 0,119 minutos en llenar la máquina, para el segundo ciclo se realiza el mismo calculo restando una quinta parte del material compactado.

$$t=V/Q=(1\text{ m}^3-0,2\text{m}^3)/(0,14\text{ m}^3/\text{s})$$
$$t=5,71\text{ s}$$

Convirtiendo a minutos se tiene:

$$5,71\text{ s}*(1\text{ min})/(60\text{ s})=0,095\text{ min}$$

Se obtiene que en el segundo ciclo la banda transportadora tarda 0,095 minutos en llenar la máquina, este proceso se realiza 5 veces hasta llegar a un metro de material compactado

Realizando los 5 ciclos se obtiene que el tiempo total de compactado de forma automática es de 5,38 MINUTOS,

III. CONCLUSIONES

Se realizo el diseño de la automatización de la máquina compactadora de residuos solidos con la cual se logró reducir el tiempo en el proceso de compactado de 17 minutos a 5,38 minutos

REFERENCIAS

- [1] Ogata, K. (1998). Ingenieria de Control Moderna. Mexico: Pearson.
- [2] Pedro Landin. (2011). Máquinas Y Mecanismos. Brasil: Cpr Colexio Sagrado Corazón De Xesús.
- [3] Piura. (2013). Diseño De Elementos De Máquinas. San Zapata.
- [4] Rossini, P. O. (2017). Ingenieria Hidráulica. Madrid: Grupo Editorial Universitario.
- [5] Simon, A. L. (1983). Hidraulica Basica. Limusa.

Fecha de Envió del Artículo: 20/11/2019

Fecha de Aceptación de artículo: 27/11/2019