

# REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA NOYERA Z400 XINXING DEL ÁREA DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA FRANZ VIEGENER ÁREA ANDINA S.A.

Luis G. Cuasque, Angélica V. Quito C.

Ing. Edgar Tipán, Ing. Patricio Quezada.

Departamento de Energía y Mecánica, Carrera de Ingeniería en Mecatrónica, Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE.

Av. El Progreso S/N, Sangolquí, Ecuador.

## RESUMEN

- El presente proyecto desarrollado para el área de función de la empresa Franz Viegenger Área Andina S.A., tiene como finalidad el poner en funcionamiento la máquina noyera Xinxing Z400. Para esto se realizó el rediseño mecánico e implementación del sistema de almacenamiento de la mezcla de arena y del sistema de inyección de dicha mezcla a la matriz de noyos. En cuanto al almacenamiento de la mezcla de arena se implementó un sistema de tolvas vibratorio mediante la acción de un actuador neumático y para el
- sistema de inyección de arena su diseño tuvo como base fundamental el fenómeno físico de la fluidización de lechos sólidos, el control y operación de estos sistemas se lo realizó con la remodelación de todo el sistema eléctrico-electrónico y de control. A fin de cumplir con los requerimientos de la empresa auspiciante se realizó un protocolo de pruebas para

determinar los parámetros de operación de la máquina, obteniendo así noyos que cumplen con los parámetros necesarios para avanzar en el siguiente proceso de producción de grifería.

## INTRODUCCIÓN

Noyería es la sección de la fundición donde se fabrican moldes machos de arena ó noyos, los cuáles se utilizan para lograr piezas de fundición con secciones huecas. Los noyos son elaborados mediante tareas manuales a partir de arenas revestidas especialmente elaboradas que se inyectan en un molde preparado para ello.



Figura 1 Noyos de arena

Actualmente este proceso es muy empleado debido a las grandes ventajas que se tiene como por ejemplo brindan suficiente resistencia

en la mayoría de sus aplicaciones, así como buena retractibilidad, permeabilidad, reutilización y también son los menos costosos. En la empresa Franz Viegner utilizan este método para la elaboración de noyos que posteriormente permitirán la fabricación de varios productos de la empresa.

## ANTECEDENTES

Las pruebas que se desarrollaron tenían como objetivos evaluar el funcionamiento de la máquina empleando una mezcla húmeda de arena, resina y endurecedor así como también verificar el funcionamiento de los demás componentes, las pruebas que se realizaron fueron las siguientes.

- Comportamiento de la mezcla de arena en las tolvas.
- Determinar si los bloques de soplado pueden inyectar la mezcla en los moldes.
- Comportamiento de la mezcla de arena en las tolvas.

Como primer paso se procedió a colocar la mezcla en una de las tolvas de almacenamiento.



**Figura 2 Tolva de almacenamiento**

Posteriormente se colocó la mezcla en la manguera de conexión de las tolvas hacia los bloques de soplado.



**Figura 3 Manguera de conexión**



**Figura 4 Cámara de entrada de arena**

Determinar si los bloques de soplado pueden inyectar la mezcla en los moldes. Para poder evaluar el funcionamiento de los bloques de soplado con la mezcla húmeda desmontando la cámara de entrada de arena.



**Figura 5 Ingreso manual de arena al bloque de soplado**

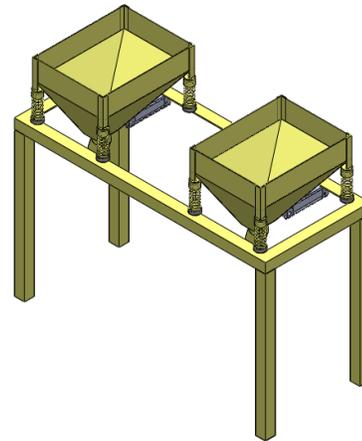
Una vez lleno el bloque con la mezcla se realizó el soplado de aire a presión y los resultados que se obtuvieron fue que solo una pequeña cantidad de arena llegó al molde.

## DISEÑO MECÁNICO DE LA MÁQUINA

### *Subsistema de tolvas*

El diseño propuesto presenta como modificación el elemento que genere las vibraciones, el mismo que ya no es un motor sino pistones, los mismos que se encontrarán temporizados para que efectúen la vibración necesaria en cada tolva cada cierto periodo de tiempo.

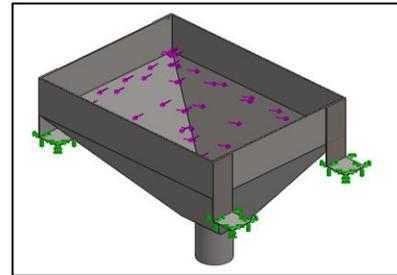
Existirá una regulación de la frecuencia del pistón mediante programación. Posee alimentación neumática y control a través de sus respectivas electroválvulas. La boquilla de la tolva tiene un diámetro de 3", pero su disposición no es central, sino delantera para un mejor descenso de la arena y menor acumulación de arena en las paredes.



**Figura 6 Tolvas vibratorias**

## DISEÑO CAE/ TOLVAS DE ALMACENAMIENTO

### Tolvas



**Figura 7 Cargas y sujeciones de la tolva**

Se aplicó el peso que deberá soportar la tolva que es de 30 Kg de arena por tolva.

A continuación se presenta los resultados obtenidos tomando en consideración la siguiente notación:

$\sigma$  máx. Esfuerzo máximo

$[\sigma]$  Esfuerzo admisible

$\delta$  máx. Deformación máxima

$[\delta]$  Deformación admisible

IC Índice de carga

FS Factor de Seguridad

Las constantes que se utilizarán para los siguientes análisis serán:

0.66<sup>1</sup>: Factor de diseño para obtener el esfuerzo admisible por parte del elemento

350<sup>2</sup>: Constante general para calcular los desplazamientos máximos en elementos en general.

800<sup>3</sup>: Constante específica para calcular los desplazamientos máximos en estructuras.

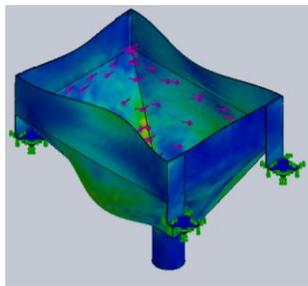


Figura 8 Análisis CAE de la tolva en general

### Análisis de las tolvas

#### ESFUERZO

Límite elástico AISI 1020 = 351 MPa

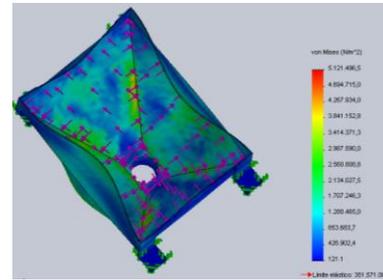


Figura 9 Diseño CAE Tolvas-

#### ESFUERZOS

Posterior al análisis de elementos finitos realizado mediante el software SolidWorks, se realiza la interpretación de los resultados obtenidos.

$$\sigma_{m\acute{a}x} < [\sigma]$$

Ecuación-1 Relación entre esfuerzo permisible y esfuerzo máximo<sup>4</sup>

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 5,121 \text{ MPa}$$

Conociéndose que:

$$[\sigma] = 0,66 * \sigma$$

Ecuación-2 Esfuerzo permisible<sup>5</sup>

Se obtendrá:

$$[\sigma] = 0.66 * 351$$

$$[\sigma] = 231 \text{ MPa}$$

Cumpléndose así con la condición de inicio

$$5,121 \text{ MPa} < 231 \text{ MPa}$$

<sup>1</sup> Fuente: Notas de clase de la materia CAD/CAM/CAE

<sup>2</sup> Fuente: Notas de clase de la materia CAD/CAM/CAE

<sup>3</sup> Fuente: Notas de clase de la materia CAD/CAM/CAE

<sup>4</sup> Fuente: Norton, Robert; DISEÑO DE MÁQUINAS, capítulo 4.

<sup>5</sup> Fuente: Norton, Robert; DISEÑO DE MÁQUINAS, capítulo 4.

## FACTOR DE SEGURIDAD

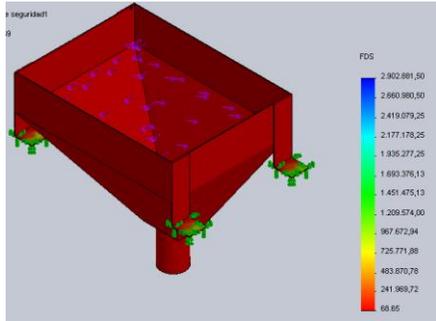


Figura 10 Diseño CAE Tolvas- FS

A continuación se realizará el análisis del factor de seguridad en el diseño, el mismo que debe ser mayor de 1 para evitar posibles fallos en las tolvas.

$$FS = \frac{\sigma}{\sigma_{\max}}$$

Ecuación 3 Factor de seguridad<sup>6</sup>

$$FS = \frac{351}{5,121}$$

$$FS = 28,52$$

Análisis general de la estructura superior

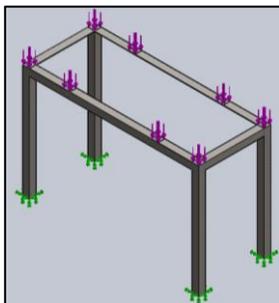


Figura 11 Fuerzas y sujeciones en la estructura superior

<sup>6</sup> Fuente: Norton, Robert; DISEÑO DE MÁQUINAS, capítulo 4.

## ESFUERZO

La fuerza que fue aplicada en las áreas indicadas, son las ejercidas debido al peso de la tolva, la arena y al soporte de las tolvas. A continuación se detallan dichas cargas:

$$P_{tolva} = 107,91 \text{ N}$$

$$P_{arena} = 490,1 \text{ N}$$

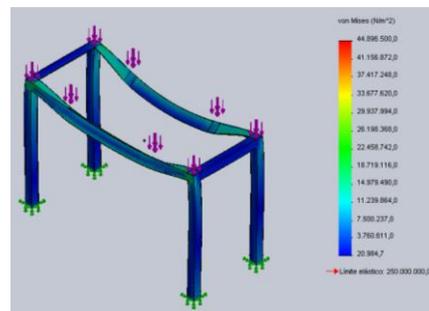


Figura 12 Diseño CAE Estructura general- Esfuerzos

Límite elástico ASTM A36 = 250 MPa

Se debe cumplir que:

$$\sigma_{\max} < [\sigma]$$

$$\sigma_{\max} = 44,896 \text{ MPa}$$

Conociéndose que:

$$[\sigma] = 0,66 * \sigma$$

Se obtendrá:

$$[\sigma] = 0,66 * 250$$

$$[\sigma] = 165 \text{ MPa}$$

Cumpléndose así con la condición de inicio

$$44,896 \text{ MPa} < 165 \text{ MPa}$$

## DESPLAZAMIENTO MÁXIMO

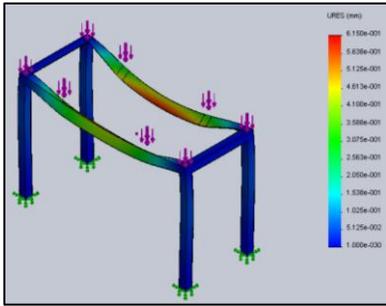


Figura 13 Diseño CAE Estructura general- Desplazamiento máximo

Se debe cumplir con:

$$\delta_{\text{máx}} < [\delta]$$

$$\delta_{\text{máx}} = 0.6150 \text{ mm}$$

Conociendo que:

$$[\delta] = \frac{\text{longitud}}{800}$$

Donde la longitud será toda la distancia que se tenga distribuida nuestra fuerza, siendo esta de 20 mm, tendremos:

$$[\delta] = \frac{820}{800}$$

$$[\delta] = 1,05$$

Cumpléndose así con nuestra condición de inicio.

$$0,6150 \text{ mm} < 1,05 \text{ mm}$$

## FACTOR DE SEGURIDAD

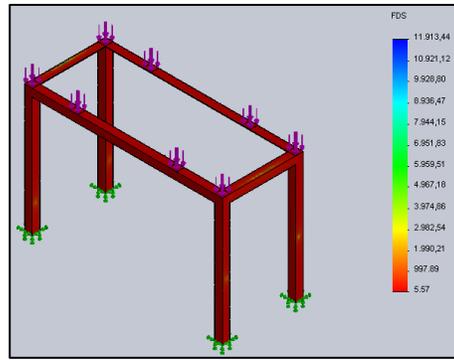


Figura 14 Diseño CAE Estructura general- FS

A continuación se realizará el análisis del factor de seguridad en nuestro diseño, el mismo que debe ser mayor de 1 para evitar posibles fallos en la estructura.

$$FS = \frac{\sigma}{\sigma_{\text{máx}}}$$

$$FS = \frac{250}{44,896}$$

$$FS = 5,568$$

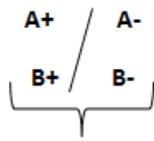
## Vibración de tolvas

La vibración en las tolvas se generará mediante el uso de actuadores neumáticos, los mismos que mediante a un contrapeso ubicado en el vástago del actuador permitirán generar la vibración necesaria para que sea transmitida hacia las tolvas, permitiendo así el fácil descenso de la arena al igual que impedir que la misma se solidifique en las paredes de la tolva.

Secuencia neumática actuador de vibración

A continuación se mostrará la secuencia neumática que ejercerán

ambos actuadores para generar la vibración de las tolvas.



100 VECES

INICIO. a0.b0 = P1

P1= A+

B+

P1.a1.b1= P2

P2= A -

B -

P2.a0.b0 = CONT (100 veces)

**Circuito Neumático**

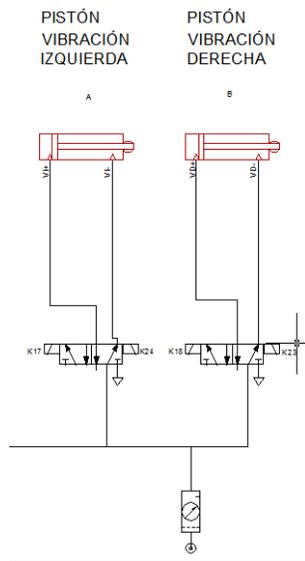


Figura 15 Circuito neumático- Vibración

**Subsistema de soplado de arena.**

Dicho subsistema debe cumplir con la característica de proporcionar la

cantidad de arena necesaria para la conformación de hoyos que cumplan las

Esta propuesta estará conformada por una cámara de soplado que permitirá distribuir el aire a presión por medio de una placa con orificios hacia toda la mezcla de arena, permitiendo llevar la misma hacia la boquilla de dosificación. La forma del cabezal es en forma de codo con lo que se ofrece un mejor direccionamiento de la mezcla.

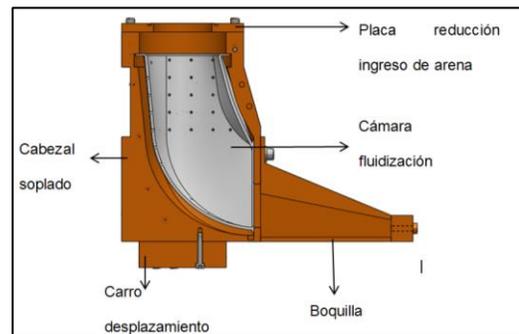


Figura 16 Diseño Cabezal

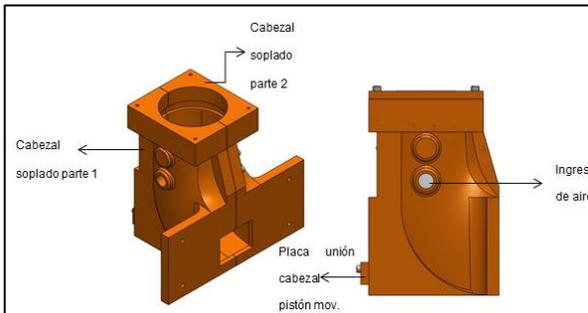
A continuación se presentarán cada una de las partes del subsistema de soplado y sus características más relevantes.

- Cabezal de soplado.

Tomando en cuenta los inconvenientes que presenta la máquina para trabajar con una mezcla húmeda de arena y resinas, se propone el diseño de un cabezal que permita un mejor flujo y direccionamiento de la mezcla hacia la boquilla. En la Figura 16 se muestra el diseño esquemático de la propuesta.

El cabezal de soplado está diseñado para que se pueda abrir por la mitad y así permitir la colocación de la cámara de fluidización.

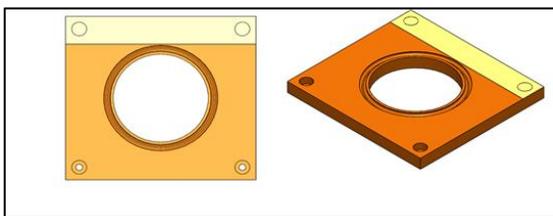
El material empleado para la fabricación será hierro fundido el cual es común en este tipo de elementos.



**Figura 17 Cabezal de Soplado**

- Ingreso de arena

El ingreso de la mezcla hacia la cámara de fluidificación se colocará una placa en la cual irá colocado empaque O ring para garantizar el sellado del cabezal de soplado.



**Figura 18 Acople de ingreso de arena**

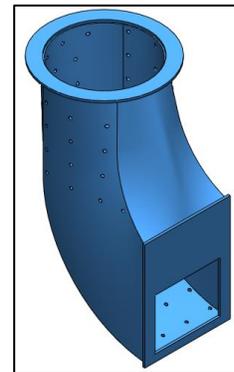
El material previsto para fabricar este elemento es el acero AISI 1020

- Cámara de fluidización

Siendo el elemento más importante del subsistema de soplado la cámara de fluidización está diseñada para

poder realizar el cambio de fase de un comportamiento como sólido a un comportamiento como líquido de la mezcla húmeda de arena y resinas.

La cámara de fluidización cuenta con una cuadrícula de orificios por los cuales ingresará el aire desde el cabezal de soplado hacia la mezcla.

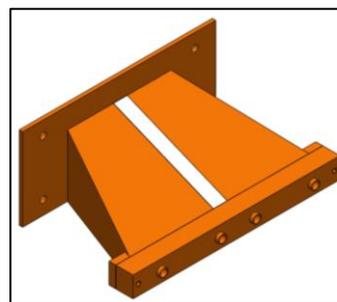


**Figura 19 Cámara de fluidización.**

- Boquilla de dosificación

Para poder ingresar la mezcla desde la cámara de fluidización se cuenta con la boquilla de dosificación y la placa de boquilla las cuales permitirán el paso de la mezcla hacia la caja de noyos.

El material empleado para estos elementos será de igual manera acero AISI 1020

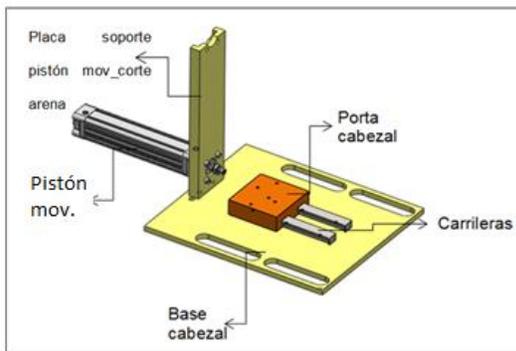


**Figura 207 Boquilla de dosificación**

- Sistema de desplazamiento y fijación

El desplazamiento del cabezal de soplado hacia la matriz de hoyos se realizará empleando dos carrileras y carro de desplazamiento.

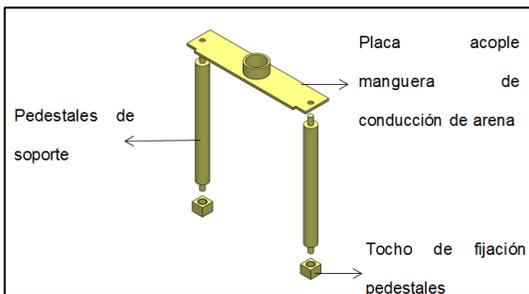
También se cuenta con una base en la cual van a estar fijadas las carrileras para el desplazamiento del conjunto.



**Figura 21 Base y sistema desplazamiento de cabezal**

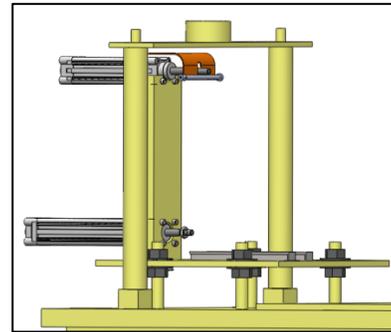
Sistema de acople de manguera conducción y corte de flujo de arena

Para permitir el ingreso de la mezcla de arena desde las tolvas hacia los cabezales se instalará una placa que servirá como acople de la manguera de conducción de arena.



**Figura 22 Placa acople manguera de conducción de arena**

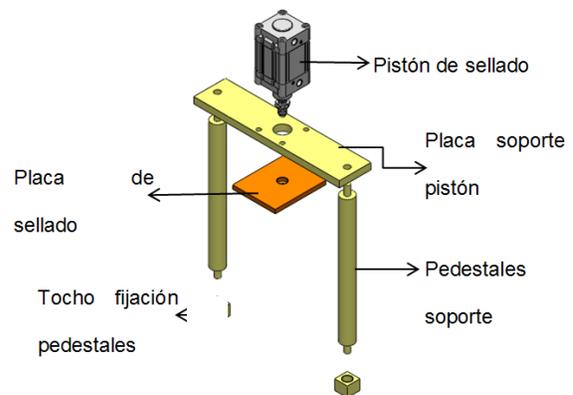
El corte del flujo de arena desde las tolvas hacia el cabezal de soplado se dispone de un pistón el cual al expandirse corta el flujo de la mezcla, adicional cuenta con una cortina de aire lo que limpiará el excedente de arena en el ingreso del cabezal.



**Figura 23 Placa acople manguera de conducción de arena**

**Sistema de sellado del ingreso de arena al cabezal.**

A fin de evitar la salida de arena por la placa de ingreso del cabezal se implementará un sistema de sellado.



**Figura 24 Sistema de sellado del ingreso de arena**

## **Análisis matemático del sistema de fluidización**

Una vez definida la forma de la cámara de fluidización se procede a realizar los cálculos necesarios a fin de cumplir con la fluidización de la mezcla húmeda de arena y resinas.

Diseño de los agujeros de paso de aire.

Para aumentar el tiempo de residencia del gas (aire) en el lecho es conveniente introducir el mayor número de burbujas de gas como sea posible, para ello se emplean placas de materiales porosos o platos perforados.

En este caso se va a emplear una cámara de fluidización perforada, y como primer paso es necesario definir el número de agujeros por unidad de área  $N_d$  mediante la ecuación 4.

$$N_d = \frac{\text{número de agujeros}}{\text{área sup.}}$$

**Ecuación 4** Relación número de agujeros por unidad de área<sup>7</sup>

$$N_d = \frac{1}{400\text{mm}^2}$$

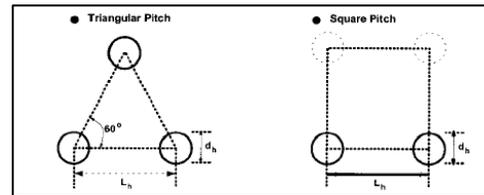
$$N_d = 0,0025$$

- Disposición del agujero.

Para aumentar la uniformidad de la fluidización, es común exponer los agujeros en forma triangular o

<sup>7</sup> **Fuente:** Fluidization by Robert P. Hesketh1 Prepared for the Process Fluid Transport

cuadrada como se muestra en la Figura 25.



**Figura 25** Tipos de disposición de agujeros<sup>8</sup>

En este caso se optará por la disposición triangular de agujeros y se procede a calcular el paso del agujero mediante la ecuación 5.

$$L_h = \frac{1}{\sqrt{N_d \cdot \sin \cdot 60^\circ}}$$

**Ecuación 5** Paso de agujeros<sup>9</sup>

$$L_h = \frac{1}{\sqrt{0,04 \cdot \sin \cdot 60^\circ}}$$

$$L_h = 21\text{mm}$$

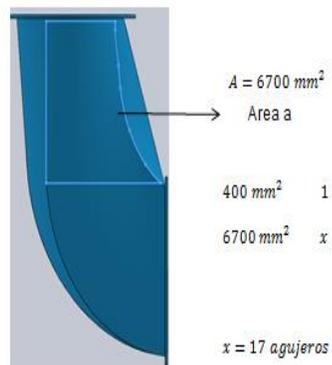
- Cálculo del número de agujeros en cada cara de la cámara.

Una vez obtenidos los valores de  $N_d$  así como el paso del agujero  $L_h$  se realiza el cálculo para determinar el número de agujeros por cada cara de la cámara.

<sup>8</sup> **Fuente:** Teoría para el soplado de noyos y noyeras Departamento de Ingeniería FV Área Andina S.A.

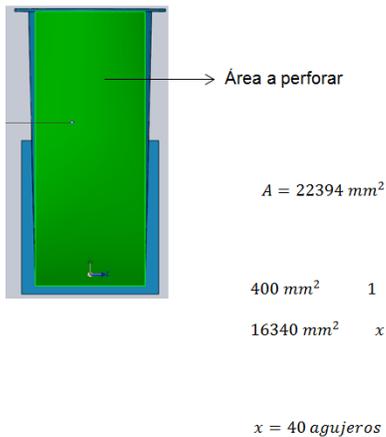
<sup>9</sup> **Fuente:** Fluidization by Robert P. Hesketh1 Prepared for the Process Fluid Transport

## Cara lateral.



Este número de agujeros debe ir tanto en la cara lateral izquierda como en la lateral derecha

## Cara Posterior



En la Figura 26 se muestra el modelo esquemático de la cámara de fluidización.

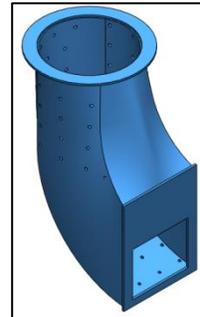


Figura 26 Modelo esquemático cámara fluidización.

## Validación cae del subsistema de soplado

### Simulación de flujo de lecho fluido

Para poder tener una idea del comportamiento de la mezcla dentro de la cámara de fluidización se empleó el software de diseño Solidworks, mediante el paquete de simulación Flow Simulation, como se puede observar en la Figura 3-46. Ésta muestra el flujo del lecho fluido dentro de la cámara de fluidización.

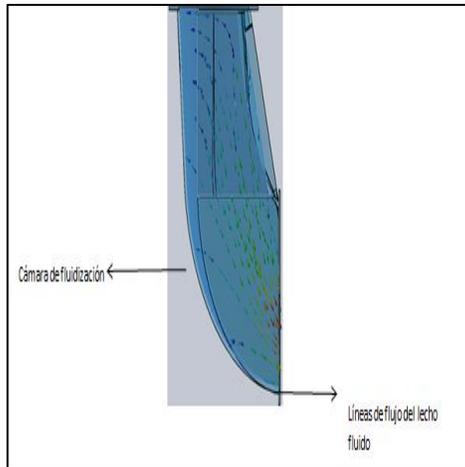


Figura 27 Flujo de la mezcla dentro de la cámara

### **Análisis de sellado del cabezal**

Como se indicó el sistema de sellado del cabezal se emplearán los componentes descritos a continuación:

Placa soporte pistón de sellado

Pedestales de soporte

Placa de sellado del cabezal

A continuación se realizará la simulación de resistencia de la placa de sellado ya que es el componente el cual va a estar afectado por la fuerza generada por el pistón de sellado y la presión generada en el cabezal de sellado.

### **Placa de sellado**

Los datos a emplear para realizar la simulación CAE de este componente son los siguientes:

Material placa: Acero AISI 1020

Espesor : 12 mm

Fuerza ejercida por el pistón: 3016 N

Presión ejercida por el cabezal de soplado: 6 bar

En la Figura 28 se muestran los datos obtenidos una vez realizada la simulación.

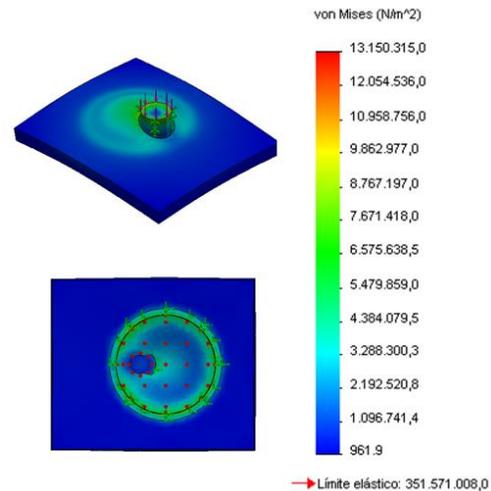


Figura 28 Análisis CAE placa de sellado

### **Cálculo del índice de carga**

Como se puede apreciar en la Figura 28 el valor máximo de presión es de  $13150315 \frac{N}{m^2}$  y el límite elástico del material es de  $351571000 \frac{N}{m^2}$  con estos valores se obtiene el índice de carga donde

$$i = \frac{\sigma_{max}}{\sigma}$$

$$\sigma_{max} < \sigma$$

$$\sigma = 0.66 \cdot S_y$$

$$S_y = 351571000 \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma = 0.66 (351571000)$$

$$\sigma = 232036860$$

$$i = \frac{13150315}{232036860}$$

$$i = 0,05$$

En base a esto y con la simulación realizada se puede concluir que la placa de sellado soportará la fuerza ejercida por el pistón de sellado y por la presión generada en el cabezal de soplado.

Análisis cabezal soplado

Material: Hierro fundido

Realizado el estudio con una presión interna de 6 MPa

$$i = \frac{\sigma_{max}}{\sigma}$$

$$\sigma_{max} < \sigma$$

$$\sigma = 0.66 \cdot S_y$$

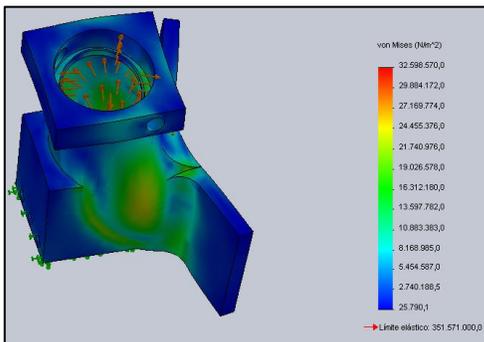
$$S_y = 351571000 \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma = 0.66 (351571000)$$

$$\sigma = 232036860$$

$$i = \frac{32598570}{232036860}$$

$$i = 0,14$$



**Figura 29 Análisis CAE del cabezal de soplado**

Como se puede observar según el índice de carga y de la Figura 29 el cabezal de soplado soporta sin mayor dificultad la presión interna de 6 bares.

## PRUEBAS Y RESULTADOS

**Tabla 1 Parámetros del funcionamiento para la noyera**

DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE CURADO Y SOPLADO DE NOYOS- TEMPERATURA DE CURADO/ PRUEBA 7	
PARÁMETROS	VALORES
TEMPERATURA	235° C
TIEMPO DE SOPLADO	1 seg
TIEMPO DE CURADO	30 seg
TIEMPO DE VIBRACIÓN	2.3 seg
MODO DE OPERACIÓN	MANUAL
CABEZAL PROBADO	IZQUIERDO
NOYOS ESPERADOS	122 UNIDADES
NOYOS CONDICIONES ÓPTIMAS	109 UNIDADES
NOYOS MALOS	13 UNIDADES



**Figura 30 Noyos realizados por la máquina noyera**

Posterior a las pruebas realizadas para la determinación de parámetros modificantes por el usuario como temperatura y tiempos de funcionamiento de la máquina, se obtuvo 109 noyos en condiciones ideales para el posterior proceso de

grifería, obteniendo así la eficiencia de:

$$\text{eficiencia} = 89,3\%$$

Siendo una eficiencia aceptable para la empresa, dando como exitoso el proyecto presentado.

## **INVERSIÓN**

Mediante el análisis a detalle del costo de los elementos adquiridos y el costo de mano de obra, se obtendrá la inversión total de la empresa para el presente proyecto.

al haber reutilizado ciertos materiales que fueron reciclados de máquinas antiguas de la empresa se generó un ahorro de 4690, 415 dólares, teniendo así una inversión neta de la máquina de 15331,75 dólares, misma inversión que está muy por debajo del precio real de una máquina de similares características que se cotiza en el mercado por más de 40000 dólares.

## **CONCLUSIONES**

- La máquina Noyera Xinxing Z400 se encuentra en total capacidad para la fabricación de noyos, empleando para ello la mezcla de arena, endurecedor, resina y desmoldante predefinida por la empresa F.V. Franz Viegner S.A. Área Andina.
- La implementación del sistema de vibración para las tolvas de almacenamiento mediante la acción

de un actuador neumático permite el flujo de la mezcla de arena desde dichas tolvas hacia los cabezales de soplado.

- La frecuencia de vibración que garantiza el flujo de arena desde las tolvas hacia los cabezales es de aproximadamente 33 Hz, un valor menor de frecuencia no permitiría el descenso de la mezcla de arena.
- El control de la cantidad de arena que ingresa a los cabezales de soplado se lo realiza mediante el tiempo de vibración de las tolvas, determinándose que este tiempo debe estar comprendido de 2 a 3 segundos para poder llenar en un 90% la cámara de fluidización, con un mayor tiempo de vibración se tendría un excedente de la mezcla de arena y desperdicio de la misma, por otro lado con un valor menor a 2 segundos no se garantiza que la cantidad de arena ingresada al cabezal sea suficiente para producir noyos en óptimas condiciones
- El rediseño de los cabezales de soplado empleando el principio físico de fluidización cumple a satisfacción la función de llenar la matriz de noyos, generando un desperdicio de arena al momento del soplado menor a 20 gr.
- Para poder generar la fluidización de la mezcla de arena es necesario evitar las fugas de aire en el cabezal, por lo que es indispensable el empleo de formador

de empaque en las uniones de los distintos componentes del cabezal de soplado.

- La distancia entre los agujeros de ingreso de aire de la cámara de fluidización debe ser 20 mm, con esto se garantiza la distribución del aire alrededor de toda la cámara y con esto la fluidización de la mezcla de arena.

- El diámetro de los agujeros de la cámara de fluidización puede estar comprendido entre 2mm y 3mm, con un diámetro superior a este rango habrá más cantidad de arena residual dentro del cabezal.

- Previo al soplado de la mezcla hacia la matriz de noyos es necesario limpiar los residuos de arena que hayan quedado en la placa de ingreso del cabezal a fin de garantizar el sellado del mismo y evitar fugas de aire.

- Los residuos de la mezcla de arena dentro del cabezal de soplado después de una jornada de trabajo es de aproximadamente 500 gr lo cual es el 0.005% de la cantidad de la mezcla de arena utilizada en las pruebas realizadas.

- El tiempo necesario de soplado para que la mezcla de arena llene por completo la matriz de noyos es de 1 segundo, con un tiempo mayor o menor a este no se garantiza la correcta formación del noyo.

- Para garantizar el sellado de los cabezales en el momento de la inyección de la mezcla de arena es necesario que el pistón que realiza esta operación sea capaz de soportar la fuerza ejercida por la presión formada dentro del cabezal.

- En cuanto al sistema eléctrico-electrónico se instalaron relés externos a las salidas digitales y análogas del PLC, debido a que resultaría más económico el remplazo de uno de estos relés que el de un módulo del PLC.

- El control de temperatura por zonas para el calentamiento de la matriz de noyos tanto superior como inferior cumple de manera muy eficiente su función, ya que la diferencia entre el valor ingresado y el valor medido por las termocuplas es de apenas 1 °C lo que significa que el error es menor al 0.5 %

- Mediante las pruebas descritas en el capítulo 4 se determinó que el tiempo de curado de los noyos debe ser de 30 segundos a fin de garantizar que estos tengan una buena resistencia a la manipulación.

- De acuerdo a las pruebas realizadas se concluye que la temperatura de la matriz de noyos debe estar comprendida entre 230 y 235 °C.

- Debido a que no se cuenta con un reservorio y toma de aire que pueda solventar el consumo de aire al

momento del soplado de los cabezales se ha independizado las tomas de aire para el soplado y para las electroválvulas del sistema.

## RECOMENDACIONES

- Seguir el procedimiento descrito en el capítulo 4 con el fin de garantizar la seguridad del operario y el funcionamiento idóneo del equipo.
- Se recomienda que la cantidad de la mezcla de arena ingresada en las tolvas de almacenamiento no sea mayor a 15 Kg a fin de evitar obstrucciones de las boquillas de las tolvas.
- A fin de evitar los residuos de arena en la placa de ingreso del cabezal se recomienda el cambio del pistón de sellado por un pistón compacto de diámetro de émbolo de 125 mm, con esto se retiraría la placa de reducción y se emplearía la entrada de arena original del cabezal.
- Para evitar el taponamiento de los agujeros de la placa de boquilla del cabezal se recomienda implementar un sistema de refrigeración con agua.
- Solventar el inconveniente de las tomas de aire tanto para el soplado como para las electroválvulas del sistema,
- Previo a cada inicio de ciclo de la máquina es necesario limpiar los residuos de arena en la matriz, eliminar las rebabas en los agujeros

de ingreso de arena de la matriz y abrir los agujeros de la placa de la boquilla de soplado.

## BIBLIOGRAFÍA

- AFS (American Foundrymen's Society, I. (1973). Shell Process Foundry Practice. USA: cast Metal Institute.
- AFS (American Foundrymen's Society, I. (1976). Fundamental Core Technology. USA: Cast metal Institute.
- Ancholuisa, M., & serrano, J. (2012). Determinación de proceso de producción por fundición de antenas alimentadoras para el sistema integrado trolebus en la ciudad de Quito. Quito: Tesis, Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional.
- Arellano, J. (2011). Automatización de máquina cortadora de latón para forja utilizando un PLC para la fábrica esacontrol. Quito: Tesis, Tecnología en electromecánica, Escuela Politécnica Nacional.
- Balakumar, E. (2006). Vibraciones. Thomson.
- Capello, E. (2001). Tecnología de la fundición. Madrid: Gustavo Gili.
- Corrales, L. (10 de Diciembre de 2012). Sistemas de control. Conceptos generales. Obtenido de

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10020/2/PARTE%202.pdf>

- Criollo, E. (2010). Desarrollo e implementación de un sistema automático para una máquina inyectora de PVC de la empresa Plasticaucho Industrial S.A-Ambato. Ambato: Tesis, Ingeniería de Mantenimiento, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Foundrymen, I. o. (1957). Fluidization. The British Foundrymen, 43-50.
- Helketh, R., & Davidson, J. (1991). The effect of volatiles on the combustion of char in a fluidised bed. Londres : Paper, Department of Chemical Engineering, University of Cambridge.
- Illescas, D. (2007). Diseño y construcción de una tamizadora de arenas para moldes de fundición. Quito: Tesis Ingeniería Mecánica, Universidad Politécnica Salesiana.
- Lozada, J., & Preciado, D. (2008). Construcción de una cabina para limpieza superficial de probetas de soldadura mediante chorro de arena. Quito: Tesis, Tecnología en Mantenimiento Industrial, Escuela Politécnica Nacional.
- Ogata, H. (2003). Ingeniería de control moderna. Pearson.
- Reiege, H. (2008). Wiring Manual. Automation and power Distribution . Moeller GmbH Bonn.