

# **DISEÑO DEL SISTEMA PARA EXTRACCION DE GASES DE UN HORNO PARA CAL.**

**Autor:** Carlos W. Vega Basurto<sup>1</sup>.

**Director de tesis:** Ing. Ernesto Martínez L<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, año 2005, e-mail. [cvega@espol.edu.ec](mailto:cvega@espol.edu.ec)

<sup>2</sup>Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, año 1983, e-mail. [emartine@gu.pro.ec](mailto:emartine@gu.pro.ec)

## **Resumen.**

Esta tesis es realizada en una empresa distribuidora de material no metálico ubicada en la ciudad de Guayaquil en el kilómetro 12 ½ Vía a la costa. Es una planta que tiene dos procesos fundamentales que son obtención de Cal y de procesamiento de áridos (piedra y arena). Este trabajo se enfoca en la parte del proceso de obtención de Cal que tiene una gran demanda en estos momentos en el país.

La empresa posee un horno de una capacidad de 80 Toneladas Por Día de Cal pero no logra cubrir toda la demanda requerida de Cal y sus otros derivados. Por eso se plantea el diseño del sistema de extracción de gases para el nuevo horno de producción de Cal de una capacidad de 35 Toneladas Por Día.

## **Summary.**

This thesis is carried out in a company distributor of non metallic material located in the Guayaquil city in the kilometre 12 ½ road to the coast. It is a plant that has two fundamental processes that are obtaining of Lime (cal) and of prosecution of arid (stone and sand). This work is focused in the part of the process of obtaining of Lime that has a great demand in these moments in the country.

The company possesses an oven of a capacity of 80 Tons per Day of Lime but it is not able to cover the whole required demand of Lime and their others derived. For that reason their thinks about the design of the system of extraction of gases for the new Kiln of Lime production with a capacity of 35 Tons per Day.

## **Introducción.**

El presente trabajo nos muestra la metodología de diseño para un sistema de extracción de gases de un horno tipo F (mediano). La metodología que se seguirá en esta tesis consistirá primero en visitar las instalaciones de la empresa, luego se realizará el reconocimiento del proceso de la planta se chequeara los problemas existentes del sistema de extracción de gases y se revisara bibliografía que ayude al diseño. Después de esto se procederá con el diseño, Para los cálculos de dimensiones de ductos, cálculos de altura óptima de chimenea y seleccionamiento de los ventiladores, se realizo un estudio comparativo de hornos de este tipo ya existentes y se presentaran los planos en el programa de autocad.

En la selección de los ventiladores se considero el flujo que ocasiona el combustible, el de la piedra (Carbonato de Calcio), un flujo de reciclo para aprovechar esa carga térmica y por ultimo se considero entrada de aire por quemadores, tolva de recepción y descarga de la piedra. Lo que es la caída de presión se considero la de los ductos, chimenea, ciclón y la caída que otorga el horno.

En el diseño de ductos se trabajo con una velocidad constante de pequeños sólidos de transportación y se selecciono el ciclón en base a esta velocidad, en el espesor de plancha para ductos y chimenea se baso en criterios de presión, pérdidas por transportación de gases y sólidos, y análisis estructural.

En la chimenea se realizo un estudio de dispersión visualizando el problema que ocasiona el  $SO_2$  para dar una altura optima de chimenea.

## Contenido.

### CAPÍTULO 1

#### 1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCION DE CAL.

##### DESCRIPCIÓN GENERAL DE PRODUCCIÓN DE CAL.

###### ➤ CANTERA.

El proceso de producción de la cal comienza desde la exploración y selección del yacimiento de piedra caliza. Esta selección se realiza de forma tal que se asegure el abastecimiento de materias primas con las características físicas y químicas requeridas.



###### ➤ TRITURACIÓN Y SELECCIÓN.

Posteriormente la piedra es triturada y clasificada de acuerdo a su tamaño para diferentes aplicaciones.



###### ➤ CALCINACIÓN

La piedra caliza es transformadas en cal viva en un horno vertical para alcanzar esta transformación química son necesarias temperaturas superiores a los 900 °C.

###### ➤ HIDRATACIÓN

El hidróxido de calcio ( $Ca(OH)_2$ ) o cal hidratada se obtiene por la adición de agua a la cal viva. Este proceso de hidratación conlleva una reacción química exotérmica en la que se liberan grandes cantidades de calor. Durante la hidratación o apagado de la cal, las rocas de cal viva absorben agua desintegramándose y obteniéndose un polvo fino de color blanco.

###### ➤ CONTROL

A lo largo de todas las etapas posteriores de fabricación, se analizan los productos en proceso y productos terminados para garantizar una satisfacción total.

###### ➤ PRODUCTO TERMINADO

La utilización de dicho producto se da en diversos campos:



- La industria siderurgia.
- La industria química.
- La industria de la construcción.
- La industria alimenticia entre otros.

### DESCRIPCIÓN DEL HORNO PARA CAL.

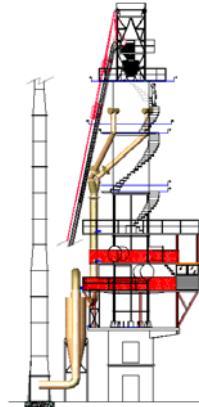


Figura 1.2 Horno vertical tipo F.

- Zona de precalentado, destinada a llevar las piedras casi a temperatura de disociación.
- Zona de calcificación con la que se efectúa la combustión.
- Zona de enfriado y de descarga en donde la cal provoca el recalentamiento del aire de combustión y a su vez se enfría.
- Zona de depósito de la cal.

### DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

El problema se da por la gran demanda de Cal que existe en estos momentos en el país.

## CAPITULO 2

### 2. METODOLOGIA DE LA EXTRACCIÓN DE GASES.

#### DIMENSIONAMIENTOS DE DUCTOS.

Existen muchos métodos para diseñar el tamaño de los ductos, sin embargo para poder seleccionar el ventilador adecuado es necesario conocer también la caída de presión que originará el conducto del aire, de tal manera que los ductos tendrán que ser dimensionados en función de la tarea que realizan y en función de la caída de presión que provocan.

La presión estática disminuye a lo largo del ducto debido a la fricción del aire con las paredes, y con las demás partículas del gas, por separación del fluido de las paredes que lo contienen, y por las consiguientes turbulencias que provocan los cambios de dirección del aire, restricciones, contracciones, etc.

Las pérdidas están en función del cuadrado de la velocidad, por lo tanto para un mismo flujo, mientras mas grandes sean los ductos menor será la velocidad y menores las pérdidas, por otro lado mientras mayores sean las dimensiones del ducto, mayor será el costo, el peso, el ruido y la

dificultad de instalación. De tal manera que algún grado de compromiso debe conseguirse entre estos factores.

Existen muchos métodos de diseño de ductos, en donde los factores antes mencionados determinan la conveniencia de la utilización de cualquiera de ellos:

- Método Dinámico.
- Equifricción.
- Reganancia Estática.
- Velocidad Constante.

**CRITERIO DE LA LEY DE DARCY.**

Ley que lleva su nombre fue obtenida por Darcy en forma experimental, trabajando con medios homogéneos y con un solo fluido. Sin embargo la formulación más simple de dicha ley (para sistemas lineales) puede considerarse casi "intuitiva": El caudal de un fluido que circula por un medio poroso lineal depende de:

- Las propiedades geométricas del sistema: Área y Longitud.
- Las características del fluido: Principalmente su Viscosidad.
- Las condiciones de flujo: Diferencia de Presión entre los extremos del sistema.

En forma analítica esta dependencia se expresa en la siguiente fórmula:

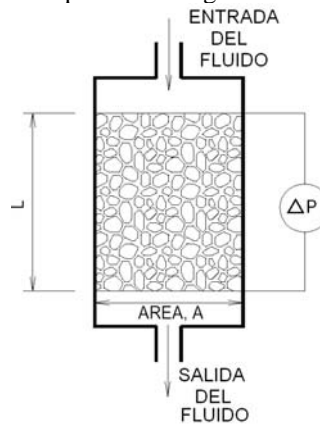


Figura 2.17 Criterio de la ley de Darcy.

$$\frac{k}{\mu} * \left( \frac{P_o - P_L}{L} \right) = \frac{Q}{A} \quad (\text{Ecuación 2.19})$$

Donde la constante que vincula ambos términos de la ecuación se conoce como **Permeabilidad** ( $k$ ) del medio poroso y constituye una propiedad de dicho medio. La Permeabilidad es una medida de la capacidad de un medio poroso para conducir fluidos.

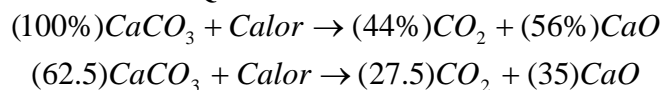
### CAPÍTULO 3

#### 3. DISEÑO Y CALCULO DEL SISTEMA PARA EXTRACCION DE GASES.

**FLUJO DEBIDO A LA COMBUSTIÓN.**

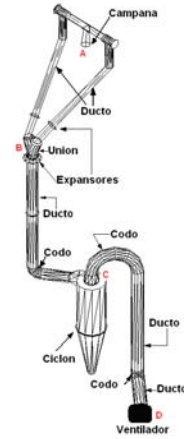
$$Q_{fuel} = \frac{\dot{m}_g}{\rho_{aire @ 280^\circ C @ 1atm}}$$

**FLUJO DEBIDO A LA REACCIÓN QUÍMICA DEL CARBONATO DE CALCIO.**



$$Q_{CaCO_3} = \frac{(\text{fraccion} - \text{de} - CO_2)}{\rho_{CO_2 @ 370^\circ C}}$$

#### DIMENSIÓN DE DUCTOS DEL SISTEMA DE EXTRACCIÓN.



## CAPITULO 4

### 4. ANALISIS DE LA CHIMENEA.

#### MODELO GAUSSIANO.

Los modelos "gaussianos" son de uso común en problemas de dispersión contaminantes no reactivos de fuentes puntuales tales como chimeneas industriales. Básicamente suponen que el penacho de un efluente presenta una distribución normal o de Gauss (Gaussiana) de las concentraciones en torno al eje de simetría definido por la dirección del viento.

#### APLICACIÓN DEL MODELO GAUSSIANO.

Esta ecuación que da aquí es un formulario que predice la concentración del un punto (x, y, z) localizado:  
(Ecuación 4.1)

$$C = \frac{Q}{2 * \pi * \bar{\mu} * \sigma_y * \sigma_z} \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right) \left\{ \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(z-H)^2}{\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(z+H)^2}{\sigma_z^2}\right) \right\}$$

Donde:

$C$  = Concentración en un punto de  $SO_2$  (x,y,z), ug/m<sup>3</sup>

$Q$  = Tasas de emisiones de  $SO_2$ , ug/s

$\sigma_y, \sigma_z$  = Parámetros horizontales y verticales, m.

$\bar{\mu}$  = velocidad del viento a la altura de la chimenea, m/s

y = Distancia horizontal del centro de la estela, m.

z = Distancia vertical del nivel de tierra, m

H = Altura efectiva de la chimenea ( $H_{Ch} = h_{Ch} + \Delta h$ , donde  $h_{Ch}$  = Altura de la chimenea,  $\Delta h$  = Levantamiento de la estela, m).

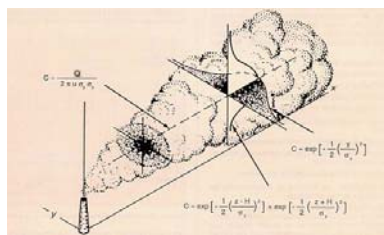


Figura 4.4 Sistemas de coordenada que muestra las distribuciones Gaussianas en las tres componentes.

## TASA DE EMISIÓN DE $SO_2$ Y COMPORTAMIENTO DEL PERFIL DE CONCENTRACIÓN EN CONDICIONES SELECCIONADAS.

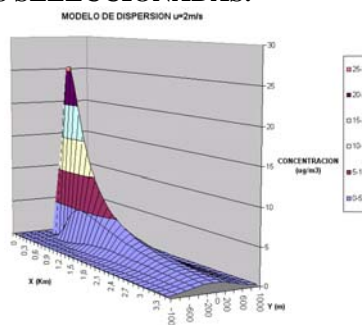


Figura 4.9 Modelo de dispersión  $v=2$  m/seg.

## CONCLUSIONES

En el proceso de combustión intervinieron dos parámetros importantes que son, la combustión debido al Fuel Oil y la reacción química que produce el carbonato de calcio, también interviene el flujo de aire y el flujo de reciclo pero son dependiente de los parámetros dichos anteriormente.

La piedra debe tener un 98% de carbonato de calcio como mínimo, y un tamaño de 2 a 4 pulgadas para que al ocurrir la transformación a óxido de calcio, esta no contengan un porcentaje elevado de crudos (impurezas), dependiendo de la calidad de la piedra va a tener una temperatura de transformación y esta difiere en la temperatura de operación del sistema (ventilador exhaustor, gases de salida de la chimenea entre otros).

En las dimensiones de los ductos (diámetro interno, altura, longitud) se trabajó por el método de velocidad constante, en la altura de la chimenea se enfatizó en que no afecten a los alrededores. Los espesores fueron analizados por la transportación de gases y sólidos la cual se obtuvo un factor de milésimas de pulgadas por año (mpy) que va a perder el material y se dio un tiempo de 20 años para dicho espesor el cual puede presentar problemas de deterioro de los ductos, se trabajó un diseño estructural de todo el sistema debido a este espesor seleccionado.

En el análisis de dispersión se trabajó con normas ambientales y de calidad de aire, manteniendo sus concentraciones permisibles de acuerdo a lo establecido en norma.

## Referencias.

- Manual práctico de ventilación. (2da edición – Salvador Escoda). pp. 117-124
- INDUSTRIAL VENTILATION (A Manual of Recommended Practice) 22<sup>nd</sup> Edition 1995. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Chapter 5.

- c) BUSTOS, C. Dispersión de contaminantes atmosféricos Modelo de penacho gaussiano. [en línea]. <http://www.geocities.com/sgamsc/pub.htm>
- d) CONAMA. Sistema de Información Nacional Ambiental [en línea]. <<http://www.sinia.cl/>>
- e) CONAMA. Normas de calidad del aire. [en línea] <http://www.conama.cl/portal/1255/propertyvalue-10316.html>
- f) EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, Ambient air quality, pollutant dispersion and transport models. Informe de la European Environment Agency. [En línea] <<http://reports.eea.eu.int/92-9167-028-6/en>>

---

Ing. Ernesto Martínez L.

Director de Tesis