UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Facultad de Ciencia y Tecnología

Densidad Aparente, Sus Problemas y Posibles Soluciones.

Trabajo de graduación previo a la obtención del título Tecnólogo en Cerámica

Autores:

Montesdeoca Guaycha Sandro Melecio

Cedillo Bravo Fernando Alfonso

Director:

Ing. Esteban Alvear

Cuenca, Ecuador

2011

DEDICATORIAS

Agradezco de todo corazón al Grupo Peña, a la Universidad del Azuay que nos dio la facultad de pensar en nuestro futuro y sobre todos a mi Madre que por buscar un futuro me tuve que alejar de ella y lo más importante mi Esposa, fiel amiga y acompañante a mis hijos Josué y Emilio que si no fuera por su sacrificio de las horas que no pude estar con ellos no estaría en estos momentos.

Gracias a la vida y a nuestros amigos que si no fuera por ellos nuestros sueños no se habrían cumplido. No tengo palabras para seguir diciendo la gran alegría que me da poder terminar esta carrera donde nuestros profesores y amigos dejamos parte de nuestras vidas donde las ilusiones de antes se han hecho realidad.

Sabemos que esto es solo el comienzo del camino de una gran historia que tenemos que cumplir gracias para nosotros y nuestras familias.

Muchas gracias.

Fernando Cedillo

Dedico la presente tesis a los seres que más amo en este mundo: mi esposa, Alcira Magdalena y mis hijos, Hermes Jerson y Jefferson Andree, por ser la fuente de mi inspiración y motivación para superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

Sandro Montesdeoca

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a nuestro director de tesis Ing. Esteban Alvear por brindarnos con generosidad la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia con un marco de confianza y amistad cosas fundamentales para la terminación de nuestro trabajo.

Al Dr. Piercosimo Tripaldi por sus nobles enseñanzas en estos años de estudio.

A Mis Compañeros de Tecnología por el gran aliento que aportaban.

A Nuestras Esposas por sus cariños y constantes comprensión y estimulo.

A Nuestros Hijos por la paciencia que tenían cuando no podíamos dedicarles mucho tiempo a ellos y por enseñarnos a enfrentar los obstáculos con alegría.

A Nuestros Padres y Hermanos por enseñarnos que la perseverancia y el esfuerzo son los caminos para lograr los objetivos trazados**.**

Mi gratitud al Ing. Esteban Alvear; Director de esta Monografía y a todos los docentes de la UDA por haber compartido sus conocimientos.

F. Cedillo, S. Montesdeoca.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatorias..ii
Agradecimientos iv
Índice de Contenidos v
Índice de Ilustraciones y Cuadros viii
Resumen ix
Abstract..x
INTRODUCCIÓN 1

CAPITULO 1

DEFINICIONES Y CONCEPTOS.

1.1 Densidad……………………..…………………………………….......….2
1.1.2 Historia…………………………….……………………….…………….2
1.1.3 Densidad Relativa.………………….………………………………..….3
1.1.4 Unidades de Densidad……………………………......……....…….3
1.1.5 Densidad Media y Puntual……………………………. …..…...4
1.1.6 Densidad Aparente y Densidad Real……………….………….….....4
1.1.7 Medición de Densidad………………..………..………………..….5
1.1.8 Cambios de Densidad..…..……..………………………...……5
1.1.9 Factores que determinan la Densidad………………………….6
1.1.10 Picnómetro…………… ………………………………….……..7
1.2. Balanza de Mohr Westphal…………………………………………….……9
1.2.1 Fundamentos..……..……………………………………....……..….9
1.2.1.1 Temperatura…..……..…………..………..........…….....11
1.2.1.2 Empuje del aire………………………………..……......11
1.2.1.3 Profundidad de inmersión del inmersor………………......11

1.2.1.4 tensión Superficial del líquido…….. ..11
1.2.1.5 Burbujas de Aire…….....…..11

1.3. Procedimiento para la Determinación de la Densidad Aparente Establecido en Graiman con Código GP-751-0905
1.3.1 Objetivo…….....12
1.3.2 Alcance……..…….....…...12
1.3.3 Definición……..…….....…....12
1.3.4 Recursos……..……...…….....…...12
1.3.5 Actividad...……..…….....12

1.3 Inmersión en Mercurio
1.4.1 El Mercurio Y sus Aspectos Toxicológicos…….....15
1.4.1.1 Estado Físico…….....15
1.4.1.2 Aplicaciones.…….....15
1.4.1.3 Vías de Intoxicación…….....15
1.4.1.4 Riesgos para la Salud…….....16
1.4.1.5 Toxicidad……..…….....16
1.4.1.6 Medidas de Prevención y Seguridad……..….....16
1.4.1.7 Puntos de Uso del Mercurio……..…….….....16
1.4.1.8 Almacenamiento y Manipulación……..…..….....17

CAPITULO 2

DESARROLLO DEL EXPERIMENTO

2.1 Marco Metodológico……..……18
2.1.1 Variables……18
2.1.1.1Humedad……18
2.1.1.2 Densidad Aparente……..……18
2.1.1.3 Presión de Prensado……..……18

2.1.1.4 Absorción y contracción……..……18
2.1.2 Instrumentos…….....18
2.1.3 Toma de Datos…… ……..19
2.1.4 Resultados…….....23
2.1.5 Consolidado……24
2.1.6 Interpretación de los Resultados……..……..……...27
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……...29
BIBLIOGRAFÍA…….…30

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y CUADROS

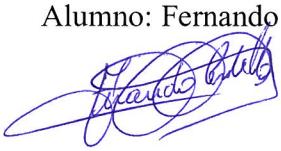
Tabla 2.1: Resultados de las Pruebas……23
Tabla 2.2: Consolidado de todas las pruebas realizadas……..….24
Tabla 2.3: Comparación entre la absorción y humedad……...24
Tabla 2.4: Comparación entre las contracción y la humedad…….……25
Tabla 2.5: Relación entre el prensado y la Humedad……..……...25
Tabla 2.6: Comparación de la Absorción y la Humedad con 5.5%..……..…..26
Tabla 2.7: Comparación con la Absorción y la Humedad con 6%..……26
Tabla 2.8: Comparación con la Absorción y la Humedad con 6.5%…..…..27

RESUMEN

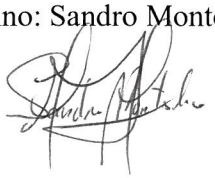
Es cultura de las empresas cerámicas estar siempre a la vanguardia en nuevos diseños, nuevas tecnologías y nuevos procesos, siempre con la finalidad de ofrecer productos de calidad y a precios más competitivos; apuntando a fortalecer el sector productivo. Por esto; GRAIMAN aplicó un nuevo método de producción, basado en la metodología de la densidad aparente; que ayudaron a mejorar las condiciones del producto terminado, con el fin de promover un medio ambiente más saludable para los profesionales que realizan el control de calidad de materias primas; ofreciendo al cliente un producto de alta calidad y menor precio y de alta durabilidad.

Director de Tesis: Ing. Esteban Alvear

Alumno: Fernando Cedillo



Alumno: Sandro Montesdeoca



ABSTRACT

Ceramic enterprises are always known for their vanguard designs, the use of new technologies and processes. They are constantly offering quality products at competitive prices in order to strengthen the productive sector. That is why; GRAIMAN applied a new production method based on the apparent density methodology, which helped to improve the conditions of the finished product, with the purpose of promoting a healthier environment for the professionals that carry out quality control of the raw materials; offering the client a high quality product at a lower price and with long durability.

UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
DPTO. IDIOMAS

Translated by,

Diana Lee Rodas

Montesdeoca Guaycha Sandro Melecio, Cedillo Bravo Fernando Alfonso
Trabajo de Graduación
Ing. Esteban Alvear
Junio 2011

Densidad Aparente, Sus Problemas y Posibles Soluciones.

INTRODUCCION

Se conoce bien la importancia de la determinación la densidad aparente en la fabricación de revestimientos cerámicos. La densidad aparente, junto con la resistencia mecánica, es uno de propiedades más importante pieza de cerámica prensada, que afectan a la ejecución de la obra en distintas etapas Cerámica y que influyen en el proceso de manera decisiva contracción en el lineal, la absorción de agua, la deformación piroplástica y es también un factor crucial para la resistencia mecánica de la pieza.

Igualdad de composición, el procedimiento de preparación de cortes y quemaduras de variables, la contracción lineal y la capacidad de disminuir la absorción de agua medida que aumenta la densidad aparente de la pieza, y esta es una relación lineal. También la velocidad de secado y la oxidación la pieza durante el proceso de disminución de la quema de la medida lo que aumenta la densidad aparente, como el coeficiente de la difusión eficaz de los gases se reducen cuando se tiene baja porosidad.

Por otra parte, los cambios en la densidad de la pieza pueden dar lugar a contracciones diferenciadas que se traducen en productos fuera de plaza, las curvas, los diferentes calibres.

CAPITULO 1: DEFINICIONES Y CONCEPTOS.

1. Densidad

En física, la **densidad** de una sustancia, simbolizada habitualmente por la letra griega ro (ρ), es una magnitud referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen.

Ejemplo: un objeto pequeño y pesado, como una piedra de granito o un trozo de plomo, es más denso que un objeto grande y liviano hecho de corcho o de espuma de poliuretano.

1.1 Historia

Según un cuento conocido, a Arquímedes le dieron la tarea de determinar si el orfebre de Hierón II de Siracusa desfalcaba el oro durante la fabricación de una corona dedicada a los dioses, y si además lo sustituía por otro más barato (proceso conocido como aleación).[1]

Arquímedes sabía que la corona, de forma irregular, podría ser aplastada en un cubo cuyo volumen se puede calcular fácilmente comparado con la masa. Pero el rey no estaba de acuerdo con esto.

Desconcertado, Arquímedes se dio un relajante baño de inmersión, y observando la subida del agua caliente cuando él entraba en ella, descubrió que podía calcular el volumen de la corona de oro mediante el desplazamiento del agua. Supuestamente, al hacer este descubrimiento salió corriendo desnudo por las calles gritando: "¡Eureka! ¡Eureka!" (Εύρηκα! en griego, que significa: "Lo encontré"). Como resultado, el término "Eureka" entró en el lenguaje común, y se utiliza hoy para indicar un momento de iluminación.

La historia apareció por primera vez en forma escrita en *De Architectura* de Vitrubio, dos siglos después de que supuestamente tuviese lugar. Sin embargo, algunos estudiosos han dudado de la veracidad de este relato, diciendo (entre otras cosas) que el método habría exigido medidas exactas que habría sido difíciles de hacer en ese momento.

Densidad

La **densidad** o *densidad absoluta* es la magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Su unidad en el Sistema Internacional es el kilogramo por metro cúbico (kg/m^3), aunque frecuentemente se expresa en **g/cm^3**. La densidad es una magnitud intensiva

$$\rho = \frac{m}{V}$$

donde ρ es la densidad, *m* es la masa y *V* es el volumen del determinado cuerpo.

1.1.2 Densidad Relativa

La densidad relativa de una sustancia es la relación existente entre su densidad y la de otra sustancia de referencia; en consecuencia, es una magnitud adimensional (sin unidades)

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_0}$$

donde ρ_r es la densidad relativa, ρ es la densidad de la sustancia, y ρ_0 es la densidad de referencia o absoluta.

Para los líquidos y los sólidos, la densidad de referencia habitual es la del agua líquida a la presión de 1 atm y la temperatura de 4 °C. En esas condiciones, la densidad absoluta del agua destilada es de 1000 kg/m^3, es decir, 1 kg/L.

Para los gases, la densidad de referencia habitual es la del aire a la presión de 1 atm y la temperatura de 0 °C.

1.1.3 Unidades de Densidad

Unidades de Densidad en el Sistema Internacional de Unidades (SI):

- *kilogramo por metro cúbico* (kg/m^3).
- *gramo por centímetro cúbico* (g/cm^3).
- *kilogramo por litro* (kg/L) o *kilogramo por decímetro cúbico*. El agua tiene una densidad próxima a 1 kg/L (1000 g/dm^3 = 1 g/cm^3 = 1 g/mL).
- *gramo por mililitro* (g/mL), que equivale a (g/cm^3).
- Para los gases suele usarse el *gramo por decímetro cúbico* (g/dm^3) o *gramo por litro* (g/L), con la finalidad de simplificar con la constante universal de los gases ideales:

$$R = 0,082\ \frac{\mathrm{atm} \cdot \mathrm{L}}{\mathrm{mol} \cdot \mathrm{K}}$$

Unidades Usadas en el Sistema Anglosajón de Unidades:

- onza por pulgada cúbica (oz/in^3)
- libra por pulgada cúbica (lb/in^3)
- libra por pie cúbico (lb/ft^3)
- libra por yarda cúbica (lb/yd^3)
- libra por galón (lb/gal)
- libra por bushel americano (lb/bu)
- slug por pie cúbico.

1.1.4 Densidad Media y Puntual

Para un sistema homogéneo, la fórmula masa/volumen puede aplicarse en cualquier región del sistema obteniendo siempre el mismo resultado.

Sin embargo, un sistema heterogéneo no presenta la misma densidad en partes diferentes. En este caso, hay que medir la "densidad media", dividiendo la masa del objeto por su volumen o la "densidad puntual" que será distinta en cada punto, posición o porción infinitesimal) del sistema, y que vendrá definida por

$$\rho = \lim_{V \to 0} \frac{m}{V} = \frac{dm}{dV}$$

1.1.5 Densidad Aparente y Densidad Real

La densidad aparente es una magnitud aplicada en materiales porosos como el suelo, los cuales forman cuerpos heterogéneos con intersticios de aire u otra sustancia normalmente más ligera, de forma que la densidad total del cuerpo es menor que la densidad del material poroso si se compactase.

En el caso de un material mezclado con aire se tiene:

$$\rho_{ap} = \frac{m_{ap}}{V_{ap}} = \frac{m_r + m_{aire}}{V_r + V_{aire}}$$

La densidad aparente de un material no es una propiedad intrínseca del material y depende de su compactación.

La Densidad aparente del suelo (Da) se obtiene secando una muestra de suelo de un volumen conocido a 105°C hasta peso constante.

$$Da = \frac{W_{SS}}{V_S}$$

Dónde:

W_{SS}: Peso de suelo secado a 105°C hasta peso constante.
V_S: Volumen original de la muestra de suelo.

Se debe considerar que para muestras de suelo que varíen su volumen al momento del secado, como suelos con alta concentración de arcillas 2:1, se debe expresar el contenido de agua que poseía la muestra al momento de tomar el volumen.

1.1.6 Medición de Densidad

Picnómetro.

La densidad puede obtenerse de forma indirecta y de forma directa. Para la obtención indirecta de la densidad, se miden la masa y el volumen por separado y posteriormente se calcula la densidad. La masa se mide habitualmente con una balanza, mientras que el volumen puede medirse determinando la forma del objeto y midiendo las dimensiones apropiadas o mediante el desplazamiento de un líquido, entre otros métodos.

Entre los instrumentos más comunes para la medida de densidades tenemos:

- El densímetro, que permite la medida directa de la densidad de un líquido
- El picnómetro, es un aparato que permite la medida precisa de la densidad de sólidos, líquidos y gases picnómetro de gas.
- La balanza de Mohr es una variante de balanza hidrostática que permite la medida precisa de la densidad de líquidos.

Otra posibilidad para determinar las densidades de líquidos y gases es utilizar un instrumento digital basado en el principio del tubo en U oscilante.

1.1.7 Cambios de Densidad

En general, la densidad de una sustancia varía cuando cambia la presión o la temperatura.

- Cuando aumenta la presión, la densidad de cualquier material estable también aumenta.
- Como regla general, al aumentar la temperatura, la densidad disminuye (si la presión permanece constante). Sin embargo, existen notables excepciones a esta regla. Por ejemplo, la densidad del agua crece entre el punto de fusión (a 0 °C) y los 4 °C; algo similar ocurre con el silicio a bajas temperatura.

El efecto de la temperatura y la presión en los sólidos y líquidos es muy pequeño, por lo que típicamente la compresibilidad de un líquido o sólido es de 10^{-6} bar^{-1} (1 bar=0,1 MPa) y el coeficiente de dilatación térmica es de 10^{-5} K^{-1}.

Por otro lado, la densidad de los gases es fuertemente afectada por la presión y la temperatura. La ley de los gases ideales describe matemáticamente la relación entre estas tres magnitudes:

$$\rho = \frac{p\,M}{R\,T}$$

donde Res la constante universal de los gases ideales, $p$es la presión del gas, Msu masa molar y Tla temperatura absoluta.

Eso significa que un gas ideal a 300 K (27 °C) y 1 atm duplicará su densidad si se aumenta la presión a 2 atm manteniendo la temperatura constante o, alternativamente, se reduce su temperatura a 150 K manteniendo la presión constante.

1.1.8 Factores que Determinan la Densidad.

Los factores que afectan la densidad de un material incluyen la masa de sus moléculas individuales, la energía de las mismas y las interacciones entre ellas.

Los materiales están hechos de átomos que forman las moléculas, la masa de un volumen unitario depende del número de moléculas en él y de la masa de las moléculas. Cuantas más moléculas por volumen unitario y cuantas más pesadas es más denso el material.

Las moléculas en los sólidos tienden a agruparse en estructuras mejor organizadas, que ayudan a dar a los sólidos su fuerza y su rigidez. En los líquidos, las moléculas acostumbran a agruparse más o menos en el mismo espacio, pero las uniones entre ellas son mucho más débiles, dando a los líquidos su naturaleza “aguada”. Para muchos materiales, el estado sólido es más denso que el estado líquido. Una noble excepción es el agua, la cual es más pesada que el hielo.

En los gases, las moléculas tienen enlaces mucho más débiles y se pueden mover ocupando más espacio, volviendo el gas mucho menos denso. Normalmente, existen cerca de 1.000 veces más moléculas de un volumen de sólido o líquido, comparado con el mismo volumen de gas, así que, generalmente, las densidades de los gases son cerca de 1.000 veces menores.

Las sustancias que contienen elementos con un alto número atómico (muchos protones y neutrones) tienden a ser más densas. Este es

estrictamente valido para los gases, en un mol (numero estándar de partículas) de un gas siempre emplea el mismo volumen (22,4 litros) en condiciones normales.

Las substancias orgánicas como un gran número de átomos de oxigeno (por ejemplo: los azucares) tienden a ser ligeramente más densas que de aquellas que contiene principalmente carbono e hidrogeno (como las grasas y los aceites). Muchos líquidos orgánicos, como los hidrocarburos, son menos denso que el agua, a pesar de tener moléculas más pesadas.

Algunos ejemplos:

Agua
Densidad: 1 g/cm^3.
Masa molecular (H_20): 18 unidades.
Número de moléculas en 1 cm^3 = $3.3e^{+22}$

Mercurio
Densidad: 13.5 g/cm^3.
Masa molecular (Hg): 200 unidades.
Número de moléculas en 1 cm^3 = $4.1e^{+22}$

Ácido sulfúrico
Densidad 1,83 g/cm^3.
Masa molecular (H_2SO_4): 98 unidades.
Número de moléculas en 1 cm^3: $1.1e^{+22}$

Querosén
Densidad 0,8 g/cm^3.
Masa molecular (C4-C8): aproximadamente 50 - 100 unidades (5 veces más pesado que el H_20).
Número de moléculas en 1 cm^3 (C5): $8e^{+21}$.

1.1.9 Picnómetro

Un picnómetro lleno.

El **picnómetro** (del griego πυκνός (*pyknós*), "densidad"), o **botella de gravedad específica**, es un frasco con un cierre sellado de vidrio que dispone de un tapón provisto de un finísimo capilar, de tal manera que puede obtenerse un volumen con gran precisión. Esto permite medir la densidad de un fluido, en referencia a la de un fluido de densidad conocida como el agua o el mercurio.

Normalmente, para la determinación de la densidad de algunos productos especiales como las pinturas, se utilizan picnómetros metálicos.

Si el frasco se pesa vacío, luego lleno de agua, y luego lleno del líquido problema, la densidad de éste puede calcularse sencillamente.

La densidad de partículas de un árido (polvo, por ej.), que no puede determinarse con el simple método de pesar, puede obtenerse con el picnómetro. El polvo se pone en el picnómetro, que se pesará, dando el peso de la muestra de polvo. A continuación, se completa el llenado del picnómetro con un líquido, de densidad conocida, en el que el polvo sea completamente insoluble. El peso del líquido desplazado podrá luego determinarse, y así hallar la gravedad específica del polvo.

Ejemplo

Teniendo en cuenta que el volumen es siempre el mismo

$$V_{\mathrm{agua}} = V_{\mathrm{muestra}}$$

y que a partir de la definición de densidad

$$\rho = \frac{m}{V}$$

se sigue que, a igualdad de volumen, la de densidad es proporcional a la masa, la densidad de la muestra viene dada por:

$$\rho_1 = \frac{m_1}{m_2}\rho_2$$

Siendo:

m_1: masa de **muestra** contenido en el picnómetro
ρ_1: densidad de la **muestra** contenido en el picnómetro
m_2: masa de **agua** (o líquido de densidad conocida) contenido en el picnómetro
ρ_2: densidad del "agua"(o líquido de densidad conocida) contenido en el picnómetro

ASTM

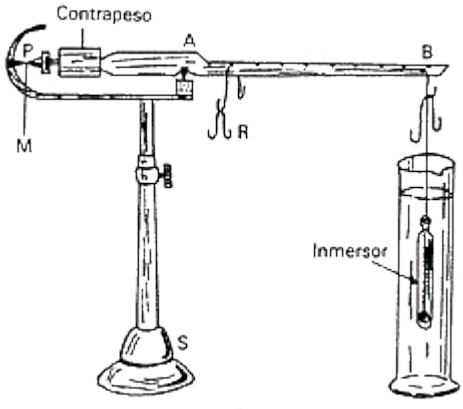
- El picnómetro usa el estándar: ASTM D-854.

1.2 Balanza de Mohr-Westphal

La Balanza de Mohr-Westphal es una balanza de brazos desiguales que se utiliza para la determinación de densidades de líquidos. En esencia, consta de un armazón o montura ajustable en altura sobre el que se apoya una varilla segmentada en dos brazos. El brazo más corto termina en una pesa compacta fija, provista de una aguja que debe enfrentarse con otra aguja fijada al armazón para obtener el equilibrio. Del extremo del brazo largo pende, mediante un hilo delgado y ligero, un **inmersor** de vidrio que suele llevar incorporado un termómetro para medir la temperatura del líquido cuya densidad se desea medir. En el brazo largo hay marcadas diez muescas, numeradas del 1 al 10. La balanza dispone de un juego de cinco jinetillos o reiters (del alemán, *jinetes*): dos grandes que, aunque diferentes en forma y función, tienen el mismo peso, y otros tres más pequeños, cuyos pesos son la décima, la centésima y la milésima de aquellos, respectivamente.

Fue desarrollada por el farmacéutico alemán Karl Friedrich Mohr (1806-1879).

1.2.1 Fundamento



Esquema de una balanza de Mohr-Westphal.

La balanza de Mohr-Westphal, al igual que otras balanzas hidrostáticas, tiene su fundamento en el principio de Arquímedes. Este principio establece que todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido experimenta una fuerza vertical hacia arriba, llamada empuje hidrostático o de Arquímedes o, simplemente, **empuje**, cuyo valor es igual al peso del fluido desalojado y cuya línea de acción pasa por el centro de gravedad del fluido

desalojado. Así, cuando un cuerpo de volumen *V* se sumerge totalmente en un líquido de densidad ρ, el empuje que experimenta el cuerpo es

(1) $E = \rho g V$

Por tanto, si un mismo cuerpo se sumerge sucesivamente en dos fluidos distintos, de densidades ρ_1 y ρ_2, experimentará empujes que se encontrarán en la relación

(2) $$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

de modo que, a partir de una medida del cociente, podemos determinar la densidad relativa del segundo fluido con respecto al primero, esto es $\rho_{21} = \rho_2 / \rho_1$.

Cuando el inmersor está colgado en el aire, su peso queda equilibrado por el contrapeso (la balanza está equilibrada). Cuando el inmersor se sumerge en un líquido, el empuje desequilibra la balanza, de tal forma que, si queremos restablecer el equilibrio, deberemos colocar algunos *reiters*, cabalgando sobre el brazo graduado, hasta compensar exactamente el empuje hidrostático.

Como en la expresión (2) sólo aparece el cociente entre dos empujes, no tenemos que preocuparemos de cuál sea la unidad para medir éstos. Así, el reiter unidad (1/1) se ha elegido de modo que, colocado en la división 10, equilibre exactamente el empuje que experimenta el inmersor cuando está sumergido en agua pura (exenta de aire) a 4 °C. Este reiter representa por tanto la unidad de empuje cuando está colocado en la división 10. Los demás reiters tienen, respectivamente una masa de 1/10, 1/100 de la del reiter unidad, de tal modo que colocados en la división 10 de la balanza, representan 1/10 y 1/100 de la unidad de empuje. Cada reiter colocado en cualquier otra división, representa tantas décimas de su valor (por ejemplo 0.1 en el caso del reiter unidad) como indica el número de la muesca sobre la que se ha situado. Así, por ejemplo, los reiter 1/1, 1/10 y 1/100 situados, respectivamente, en las muescas 7,6 y 5, representan un empuje de 0.765 unidades. Puesto que la unidad de empuje corresponde al agua y la densidad de ésta es bien conocida ($1 g/cm^3$ a 4 °C), la balanza de Mohr-Westphal permitirá conocer la densidad de un líquido problema a partir de la simple lectura de la posición de los reiters necesarios para equilibrar la balanza cuando el inmersor está completamente sumergido en un líquido cuya densidad queremos medir.

No obstante, normalmente hay que proceder a efectuar la corrección instrumental de la balanza. Para ello se realiza una medida de densidad con un líquido bien conocido (v.g., agua destilada) y después con el líquido o líquidos problemas.

Existen factores que pueden afectar al resultado, pero su toma en consideración depende de la exactitud que le exijamos. Revisemos algunos de ellos.

1.2.1.1 **Temperatura:** a diferencia de los sólidos, la variación de la densidad de los líquidos con la temperatura es del orden de magnitud de 1 por mil por cada grado centígrado, por lo que el resultado de la medida estará referido a la temperatura a la que se encuentre el líquido.

1.2.1.2 **Empuje del aire:** la densidad del aire es de un orden de magnitud de 10^{-3} g/cm^3. Así pues, cualquier cuerpo sumergido en el aire, experimenta un empuje del orden de 10^{-3} del que experimenta en el seno del agua. Este efecto puede despreciarse en la determinación de la densidad de un sólido, pero, si se requiriera una gran precisión, sería necesario tenerlo en cuenta; siendo entonces la densidad verdadera mayor en 0.001 g/cm^3 que la calculada, aproximadamente.

1.2.1.3 **Profundidad de inmersión del inmersor:** el hilo del que está suspendido el inmersor experimenta un empuje que depende de la porción de él que se sumerja. Para minimizar el error introducido por este motivo, el inmersor debe suspenderse del estribo de igual forma en las dos operaciones de pesadas necesarias para la determinación de la densidad de un sólido.

1.2.1.4 **Tensión superficial del líquido**: los fenómenos de tensión superficial también pueden afectar las medidas realizadas durante la práctica. Para minimizar su influencia, se sumergirá el portaobjetos de igual forma en las dos operaciones de pesada.

1.2.1.5 **Burbujas de aire:** la adherencia de burbujas de aire al inmersor influye sobre el resultado, produciendo un empuje adicional, por lo que debe evitarse la presencia de las burbujas. Para ello se sacudirá ligeramente el inmersor en la primera inmersión en el líquido, antes de suspenderlo del estribo, para desprender las posibles burbujas de aire adheridas.

1.3 Procedimiento para la Determinación de la Densidad Aparente establecido en Graiman con código GP-751-0905

1.3.1 OBJETIVO.

Establecer el procedimiento de ensayo para determinar la densidad aparente por el método de inmersión en mercurio.

1.3.2 ALCANCE.

Este procedimiento es aplicable a todo tipo de probetas crudas o cocidas.

1.3.3 DEFINICIONES.

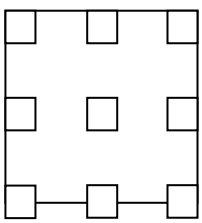
Densidad: es la relación entre la masa y el volumen del producto a ensayar

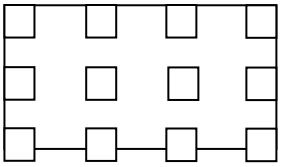
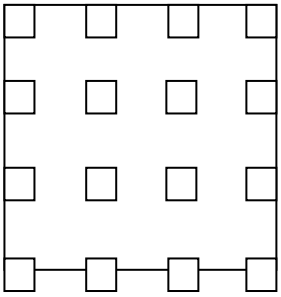
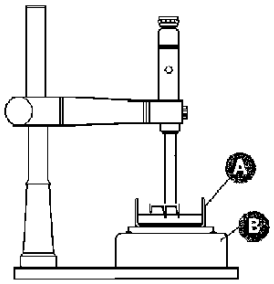
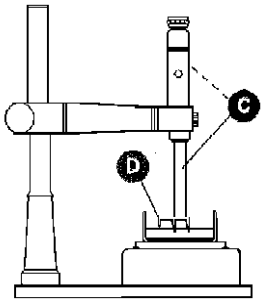
Probeta: muestra a analizar.

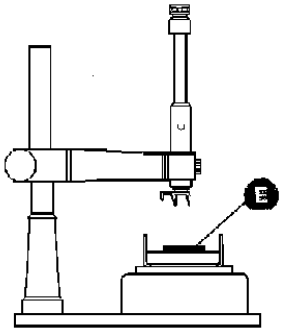
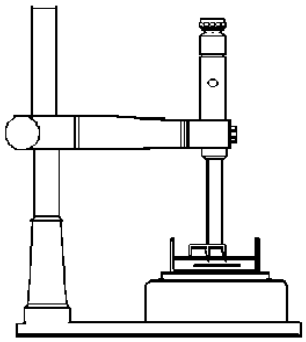
1.3.4 RECURSOS.

4.1. Balanza digital (+ - 0.01 g.)
4.2. Equipo de determinación de la densidad aparente por inmersión en mercurio.

1.3.5 ACTIVIDAD

No.	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
5.1	**Preparación de las probetas**: Para producción se cortan las probetas de un tamaño de 5cm.X 6cm. aproximadamente, la cantidad de probetas depende del formato del producto. Y para laboratorio se usa del tamaño real de la probeta • 9 probetas de los formatos: 30x30, 32x32, 39x39, 40x40, 44x44 	Operario y/o Laboratorista DTC

	• <u>12 probetas del formato</u>: 32x50  • <u>16 probetas del formato</u>: 50x50 	
5.2	**<u>Uso del equipo de inmersión:</u>** Se pesa la probeta (W1). Se coloca el recipiente que contiene el mercurio **(A)** sobre la balanza **(B)** que se encuentra en el equipo.  Se desplaza el brazo de inmersión **(C)** verticalmente hasta que el puntero de enrase **(D)** toque la superficie del mercurio y sé tara la balanza.  	Operario y/o Laboratorista DTC

	A continuación se eleva el brazo de inmersión y se sitúa la probeta **(E),** que debe encontrarse a temperatura ambiente, en el recipiente sin que toque las paredes de ésta.  Se sumerge la muestra en el mercurio con el brazo de inmersión hasta que el puntero de enrase toque la superficie de éste, anotando a continuación el peso que marca la balanza (W2). 	
5.3	Calcular la densidad aparente (g/cm^3) con una precisión de 2 decimales $$D_{ap} = \frac{W1}{W2} \times d_{Hg}$$ D_{ap} = densidad aparente de la probeta W1 = peso de la probeta (g) W2 = peso de probeta sumergida en mercurio (g) d_{Hg} = densidad del mercurio = 13.53 g/cm^3	Operario y/o Laboratorista DTC

1.4 Inmersión en Mercurio

A pesar de todo el método de inmersión en mercurio presenta algunas ventajas

tales como: fácil de usar, de alta precisión y rápida para llevar a cabo. En la salida

contra la trata toxicidad de este metal, uno de los más tóxicos de lo que se conoce.

1.4.1 El Mercurio y sus Aspectos Toxicológicos

1.4.1.1 Estado físico

Es el único metal líquido a temperatura ambiente. Es un líquido plateado y brillante muy gelatinoso.

1.4.1.2 Aplicaciones

• Fabricación de la medición y de laboratorio (termómetros, barómetros, manómetros, densímetros, entre otros;

• Industria Eléctrica (fabricación de lámparas, los inversores el actual, automático, baterías)

• Industria del cuero

• Industria química (agente catalítico, la fabricación de diferentes compuestos de mercurio)

• Fabricación de diversos productos farmacéuticos

1.4.1.3 Vías de intoxicación

• Inhalación

• La ingestión

• Cutánea

1.4.1.4 Riesgos para la salud

Cuando un vapor o finamente fragmentado en polvo, El envenenamiento con mercurio causa un llamado "Hidrargirismo". Esta intoxicación crónica se manifiesta por: estomatitis, temblores asociados con un estado de rigidez muscular (que destaca como la intoxicación por aumentos) y puede dar lugar en el cerebro una ataxia, calambres muy dolorosos y posiblemente cambios en la voz.

Peligro de intoxicación, emite gases tóxicos en particular cuando se calienta. Muestra incompatibilidad con ácidos fuertes.

1.4.1.5 Toxicidad

La inhalación de los vapores, puede causar tos, dolor en el pecho, náuseas y vómitos. Los efectos crónicos de exposición prolongada pueden causar daño al hígado, los riñones y el sistema Nervioso central. La concentración de metal en el cerebro, hígado y los riñones, provocar un efecto venenoso. Los principales síntomas son: dolor de cabeza, temblores, pérdida de apetito, ampollas en la piel y pérdida de memoria: El mercurio está relacionada con los daños al cerebro y en el sistema nervioso, que afectan la lengua, la atención y la memoria.

Los riesgos de la sustancia han sido ampliamente difundidos y discutido en los
últimos 40 años, ya que llegó a Japón, uno de los más graves incidentes de contaminación Industrial ya registrados.

1.4.1.6 Medidas de Prevención y Seguridad

• El lugar de trabajo y de almacenamiento debe ser suelo y las paredes lisas y cubiertas con material impermeable.

1.4.1.7 Puntos de Uso del Mercurio.

• Los puestos o lugares de trabajo que utiliza el mercurio y sus compuestos, deberán estar separadas de las restantes.

• Debe ser un sistema de aspiración de los vapores y el polvo de mercurio en su origen.

• El laboratorio debe tener un sistema de ventilación general con bocas de aspiración a nivel del suelo; sistemas Ventilación con reciclaje de aire debe

evitarse. En caso de derrame de mercurio, el metal debe ser inmediatamente recogido a través de cualquiera de aspiración, o con productos de congelación (hielo seco) o fusión (chatarra de zinc, polvo de zinc o cobre).

• No debe ser expuestos el mercurio al calor con los recipientes ya que, por no estar en su lugar propio y con la aspiración de vapores poderosos es muy peligroso para la salud.

• Los lugares de trabajo deben limpiarse diariamente, de manera sistemática.

• Cuando no es posible una efectiva protección colectiva, se pondrá a disposición de los trabajadores ventilación de aire fresco, y máscaras respiratorias, con filtro, no son aconsejables.

• El personal debe estar informado sobre los riesgos puestos de la manipulación del mercurio y sus compuestos.

• Se debe no fumar, comer y beber en locales de trabajo.

• Los trabajadores deben observar una estricta higiene personal antes de

Cada comida, y al final del trabajo, y fijará la ropa de trabajo por separado la otra ropa.

• Cuando se trata de mercurio se recomienda el uso de guantes con cañones de largo y hecho de mono sin bolsillos o dobleces.

• Exámenes médicos, deban introducirse en el pre-admisión y exámenes periódicos de detección de hidrargirismo.

1.4.1.8 Almacenamiento y Manipulación

El uso de medio ambiente con los gases de escape adecuado, gafas, seguridad, guantes, ropa adecuada para el laboratorio especial.

Después del lavado y la manipulación las manos y mantener bien cerrado botella de reactivos. Salvar un lugar seguro en áreas protegidas.

CAPITULO 2

2.1 Marco Metodológico

2.1.1 Variables.

2.1.1.1 Humedad.- Para el desarrollo de los experimentos se utilizó como material de estudio polvo atomizado de tecnología gres pasta roja utilizado para fabricar baldosas esmaltadas de formatos 40x40cm. y 30x30cm. a diferentes contenidos de humedad dentro del rango permitido en producción, expresadas en % que son:

1.3 5.5
1.4 5,6
1.5 6,3

2.1.1.2 Densidad Aparente.- Cada polvo atomizado con diferente humedad será prensado a nivel de laboratorio formando placas de 11x5cm. a diferentes valores de densidad aparente que son:

1.6 1,70
1.7 1,75
1.8 1,80
1.9 1,85
1.10 1,90
1.11 1,95
1.12 2,00

Se prensarán 5 placas para cada valor de densidad aparente definido, estas serán validadas que cumplan el valor buscado por medio del equipo de densidad aparente de laboratorio.

2.1.1.3 Presión de Prensado.-Se tomará la presión con la que se prensa cada placa para relacionar con la densidad aparente.

2.1.1.4 Absorción y Contracción.-Todas las placas serán sometidas a cocción en el horno de producción y luego se determinará a cada una sus características de contracción y absorción expresados en %.

2.1.2 Instrumentos.

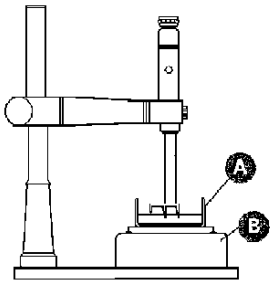
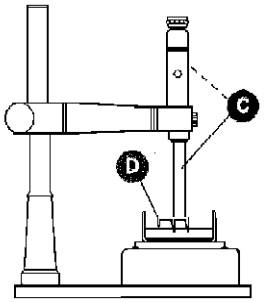
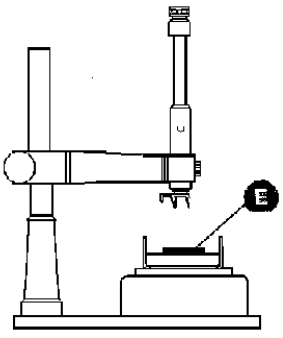
Los equipos utilizados para este estudio son:

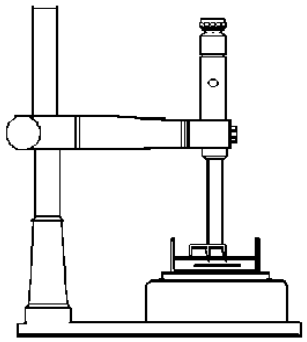
- Balanza analítica de resolución centésima de gramo

- Estufa
- Calibrador pié de rey
- Parrillas metálicas
- Equipo de medición densidad aparente
- Prensa de laboratorio
- Horno de producción

2.1.3 Toma de Datos.

	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
1	Recibir el polvo a producción con la humedad solicitada	Laboratorista
2	Colocar el polvo atomizado en una funda y homogenizar	Laboratorista
3	Tomar una muestra representativa	Laboratorista
4	Limpiar bien y secar la luna de reloj que se va a utilizar.	Laboratorista
5	Colocar la luna de reloj en la balanza, encerar y pesar 10 g de polvo atomizado.	Laboratorista
6	4.4.1. Dejar la luna de reloj con la muestra en la estufa por 10 minutos a una temperatura de 150°C. .	Laboratorista
7	Colocar el protector de cartón en la balanza y pesar la luna de reloj con la muestra, introducir la muestra en la estufa por 5 minutos más.	Laboratorista
8	Repetir el punto anterior y mantener la muestra en la estufa hasta que su peso nos dé un valor constante.	Laboratorista
9	Con el valor obtenido realizar el siguiente cálculo: % Humedad = (PH-PS/PH)x100 PH = peso de la muestra. PS = peso obtenido – peso de la luna.	Laboratorista
10	Registrar los resultados.	Laboratorista
11	Formar la placa con el polvo atomizado, mediante el prensado (usando la prensa de laboratorio) con una primera prensada de 5 Bar para eliminar el aire que	Laboratorista

	contenga el polvo, e inmediatamente una segunda prensada que depende del resultado de la medición de la densidad aparente, si el resultado es óptimo, prensar las restantes 4 placas con dicha presión verificando el resultado de compactación y anotar la presión final de prensado.	
12	Se pesa la placa prensada (W1). Se coloca el recipiente que contiene el mercurio **(A)** sobre la balanza **(B)** que se encuentra en el equipo.  Se desplaza el brazo de inmersión **(C)** verticalmente hasta que el puntero de enrase **(D)** toque la superficie del mercurio y sé tara la balanza.  A continuación se eleva el brazo de inmersión y se sitúa la placa prensada **(E),** que debe encontrarse a temperatura ambiente, en el recipiente sin que toque las paredes de ésta.  Se sumerge la placa prensada en el mercurio con el brazo de inmersión hasta que el puntero de enrase toque la	Laboratorista

	superficie de éste, anotando a continuación el peso que marca la balanza (W2). 	
13	Calcular la densidad aparente (g/cm^3) con una precisión de 2 decimales $D_{ap} = \frac{W1}{W2} \times d_{Hg}$ D_{ap} = densidad aparente de la probeta W1 = peso de la probeta (g) W2 = peso de probeta sumergida en mercurio (g) d_{Hg} = densidad del mercurio = 13.53 g/cm^3	Laboratorista
14	Registrar el resultado obtenido junto con la humedad del polvo, la presión de prensado.	Laboratorista
15	Rotular la placa prensada con los datos del punto anterior.	Laboratorista
16	Secar la placa prensada en la estufa a una temperatura adecuada (como mínimo de 120ºC de temperatura en adelante), un tiempo mínimo de 6 horas.	Laboratorista
17	Tomar las placas secas medir una por una el tamaño que presentan en el lado más largo (Lo) con el calibrador pie de rey, rotular el dato en la placa y enviar todas juntas en el horno de producción colocadas en una parrilla de metal.	Laboratorista
18	A la salida del horno tomar las placas quemadas y una por una medir el tamaño que presentan en el lado más largo con el calibrador pie de rey.	Laboratorista
19	Realizar el siguiente cálculo: %C = (Lo-Lf/Lo)x100 Lo: Longitud inicial o en crudo. Lf: Longitud final o quemado.	Laboratorista

20	Registrar el valor obtenido en el punto anterior.	Laboratorista
21	Pesar cada una de las placas quemadas y anotar su peso en cada una de ellas.	Laboratorista
22	Colocar verticalmente cada una de ellas observando que no estén en contacto entre sí, en el recipiente para la absorción de agua.	Laboratorista
23	Colocar agua en el recipiente hasta que el nivel del agua este 5 cm por encima de las muestras	Laboratorista
24	Calentar el agua hasta ebullición y mantener esta ebullición por dos horas, evitando que el nivel del agua baje los 5 cm establecidos	Laboratorista
25	Apagar la hornilla y dejar enfriar las piezas sumergidas en el agua por 4 horas	Laboratorista
26	Mojar la toalla, exprimirla fuertemente y secar cada una de las piezas ensayadas.	Laboratorista
27	Pesar cada una de las piezas ensayadas por separado y anotar el peso obtenido.	Laboratorista
28	Realizar los siguientes cálculos: % Absorción de agua = (P-Po/P)x100 Po = peso de la pieza antes de realizar el ensayo (peso seco). P = peso de la pieza después de realizar el ensayo (peso húmedo)	Laboratorista
29	Registrar el valor obtenido en el punto anterior.	Laboratorista

2.1.4 Resultados.

Tabla 2.1 de resultados de las *pruebas*

HUMEDAD 5 %						***HUMEDAD 5.6 %***						***HUMEDAD 6,3 %***					
densidad aparente		*Presión de Prensado*		*% absorción*	*% contracción*	*densidad aparente*		*Presión de Prensado*		*% absorción*	*% contracción*	*densidad aparente*		*Presión de Prensado*		*% absorción*	*% contracción*
requerida	*obtenida*	*Bar*	*Kg/cm²*			*requerida*	*obtenida*	*Bar*	*Kg/cm²*			*Requerida*	*obtenida*	*Bar*	*Kg/cm²*		
	1.695			***11.06***	***7.71***												
	1.707			***10.8***	***7.51***												
1.7	***1.699***	***30***	***88***	***11.33***	***7.43***	***1.7***						***1.7***					
	1.696			***10.85***	***7.52***												
	1.704			***11.45***	***7.61***												
	1.754			***8.43***	***7.61***												
	1.753			***9.15***	***7.52***												
1.75	***1.746***	***50***	***146***	***7.83***	***7.42***	***1.75***						***1.75***					
	1.744			***8.67***	***7.52***												
	1.751			***9.04***	***7.43***												
	1.804			***7.92***	***7.15***		***1.813***			***7.83***	***7.2***		***1.795***			***8.57***	***7.43***
	1.801			***7.69***	***7.07***		***1.812***			***7.95***	***7.25***		***1.798***			***8.89***	***7.25***
1.8	***1.797***	***82***	***240***	***8.2***	***7.15***	***1.8***	***1.812***	***40***	***117***	***7.93***	***7.16***	***1.8***	***1.796***	***32***	***93***	***8.75***	***7.43***
	1.799			***7.79***	***7.06***		***1.814***			***7.94***	***7.07***		***1.799***			***8.83***	***7.43***
	1.794			***7.77***	***7.16***		***1.81***			***7.9***	***7***		***1.799***			***8.77***	***7.34***
	1.854			***6.54***	***6.61***		***1.843***			***7.3***	***6.98***		***1.848***			***7.73***	***7.1***
	1.853			***6.32***	***6.61***		***1.843***			***7.32***	***6.98***		***1.846***			***7.56***	***7.16***
1.85	***1.849***	***82***	***240***	***6.36***	***6.61***	***1.85***	***1.843***	***50***	***146***	***7.13***	***6.89***	***1.85***	***1.849***	***42***	***123***	***7.54***	***7.07***
	1.849			***6.48***	***6.7***		***1.847***			***7.15***	***6.98***		***1.852***			***7.51***	***6.98***
	1.849			***6.52***	***6.61***		***1.845***			***7.1***	***6.97***		***1.852***			***7.79***	***7.07***
	1.901			***5.11***	***6.52***		***1.907***			***6.84***	***6.52***		***1.902***			***6.11***	***6.71***
	1.904			***5.59***	***6.34***		***1.898***			***6.49***	***6.52***		***1.901***			***5.99***	***6.71***
1.9	***1.902***	***95***	***277***	***5.18***	***6.52***	***1.9***	***1.897***	***65***	***190***	***6.36***	***6.53***	***1.9***	***1.908***	***60***	***175***	***6.04***	***6.71***
	1.903			***5.54***	***6.42***		***1.903***			***6.32***	***6.78***		***1.904***			***5.95***	***6.79***
	1.898			***5.38***	***6.43***		***1.901***			***6.41***	***6.78***		***1.909***			***6.12***	***6.71***
	1.948			***5.18***	***6.24***		***1.951***			***5.19***	***6.07***		***1.945***			***5.11***	***6.43***
	1.951			***4.89***	***6.15***		***1.952***			***5.1***	***6.16***		***1.943***			***5.39***	***6.35***
1.95	***1.942***	***110***	***321***	***5.1***	***6.34***	***1.95***	***1.951***	***95***	***277***	***5.44***	***6.07***	***1.95***	***1.949***	***78***	***228***	***5.33***	***6.35***
	1.947			***4.93***	***6.34***		***1.955***			***5.56***	***6.07***		***1.947***			***5.33***	***6.34***
	1.953			***5.11***	***6.15***		***1.949***			***5.42***	***6.1***		***1.946***			***4.56***	***6.43***
	1.996			***3.92***	***5.97***		***1.999***			***4.18***	***5.9***		***1.997***			***4.5***	***6.16***
	2.006			***4.1***	***5.79***		***1.999***			***4.27***	***5.8***		***1.998***			***4.69***	***6.16***
2	***1.999***	***152***	***444***	***4.34***	***5.79***	***2***	***1.997***	***125***	***365***	***4.32***	***5.98***	***2***	***1.999***	***105***	***307***	***4.23***	***6.25***
	1.999			***4.25***	***5.88***		***1.994***			***4.37***	***5.98***		***2.003***			***4.54***	***6.06***
	2.008			***4.31***	***5.84***		***2.004***			***4.51***	***5.79***		***1.999***			***4.47***	***6.16***

2.1.5 Consolidado

Tabla 2.2 consolidado de todas las pruebas realizadas

humedad				humedad				humedad			
5.5%				6%				6.50%			
Densidad Aparente	Presión Kg/cm^2	Contracción %	absorción %	Densidad Aparente	Presión Kg/cm^2	Contracción %	absorción %	Densidad Aparente	Presión Kg/cm^2	Contracción %	absorción %
1.700	88	7.6	11.1								
1.750	146	7.5	8.6								
1.799	240	7.1	7.9	1.812	117	7.1	7.9	1.797	93	7.4	8.8
1.851	240	6.6	6.4	1.844	146	7.0	7.2	1.849	123	7.1	7.6
1.902	277	6.4	5.4	1.901	190	6.6	6.5	1.905	175	6.7	6.0
1.948	321	6.2	5.0	1.952	277	6.1	5.3	1.946	228	6.4	5.1
2.002	444	5.9	4.2	1.999	365	5.9	4.3	1.999	307	6.2	4.5

Comparación de diferentes variables obtenidas respecto a la humedad y la densidad aparente.

Tabla 2.3 de comparación entre absorción y la humedad

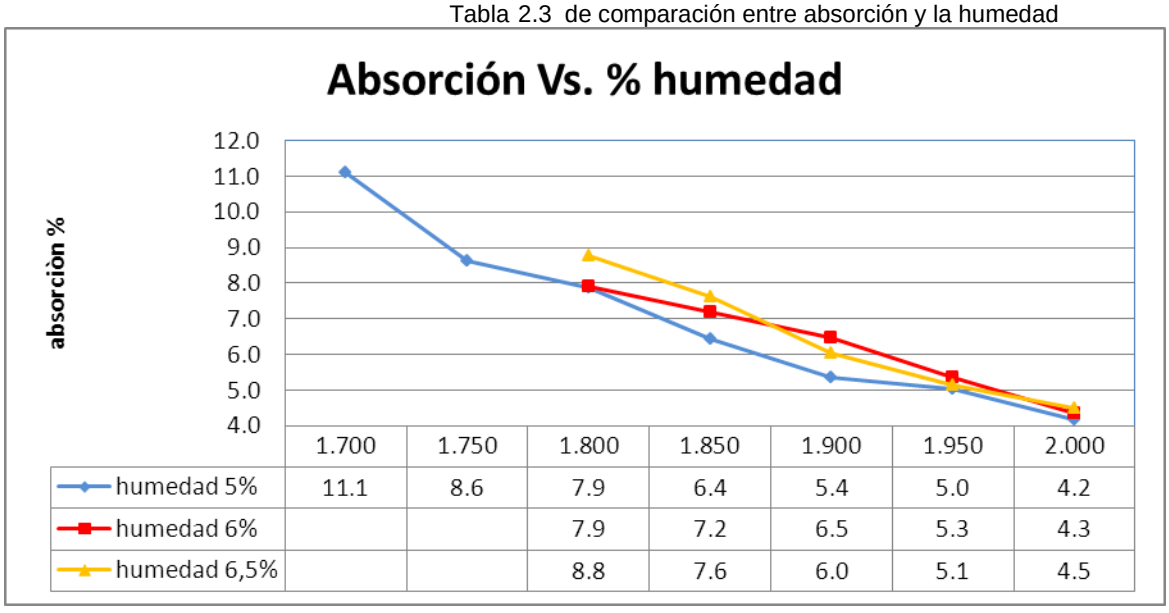
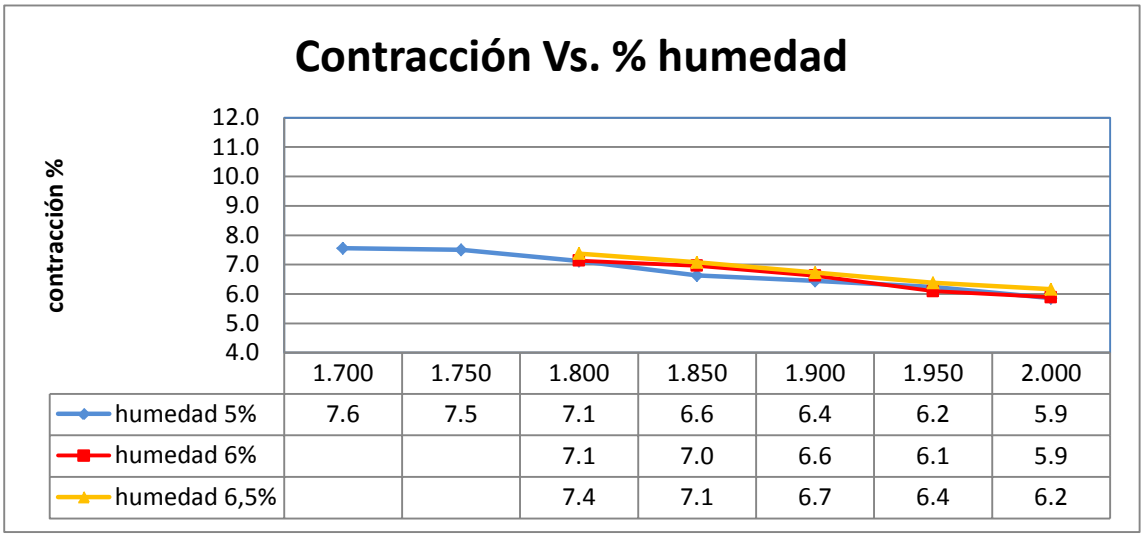
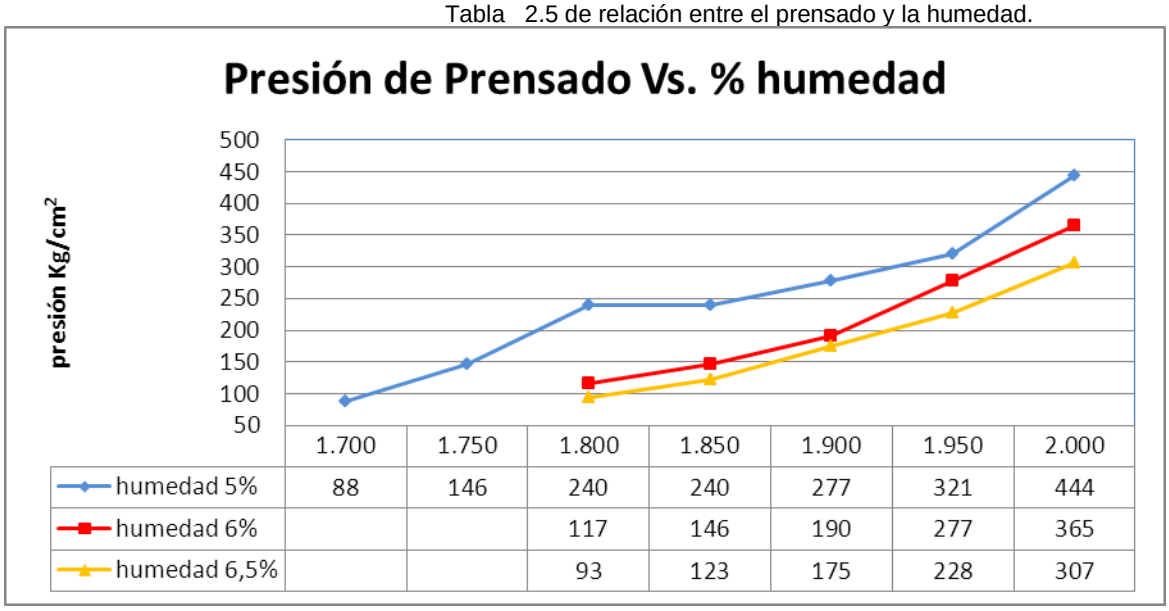


Tabla 2.4 de comparación entre la contracción y la humedad



	1.700	1.750	1.800	1.850	1.900	1.950	2.000
humedad 5%	7.6	7.5	7.1	6.6	6.4	6.2	5.9
humedad 6%			7.1	7.0	6.6	6.1	5.9
humedad 6,5%			7.4	7.1	6.7	6.4	6.2

Tabla 2.5 de relación entre el prensado y la humedad.



	1.700	1.750	1.800	1.850	1.900	1.950	2.000
humedad 5%	88	146	240	240	277	321	444
humedad 6%			117	146	190	277	365
humedad 6,5%			93	123	175	228	307

Tabla 2.6 de comparación con la absorción y la humedad con 5.5%

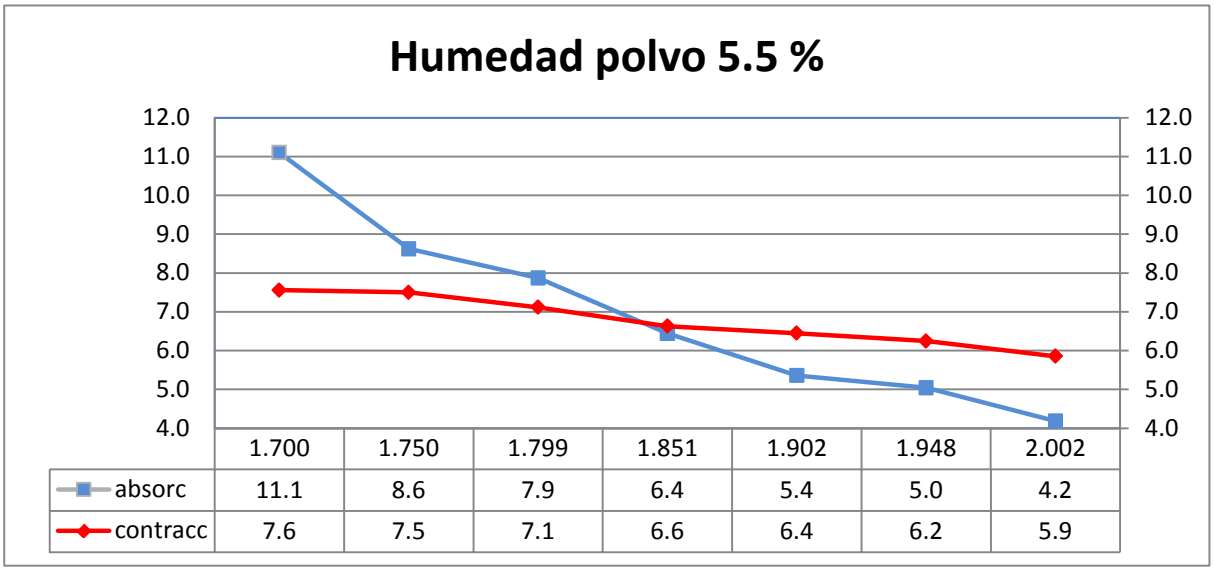


Tabla 2.7 de comparación con la absorción y la humedad con 6 %

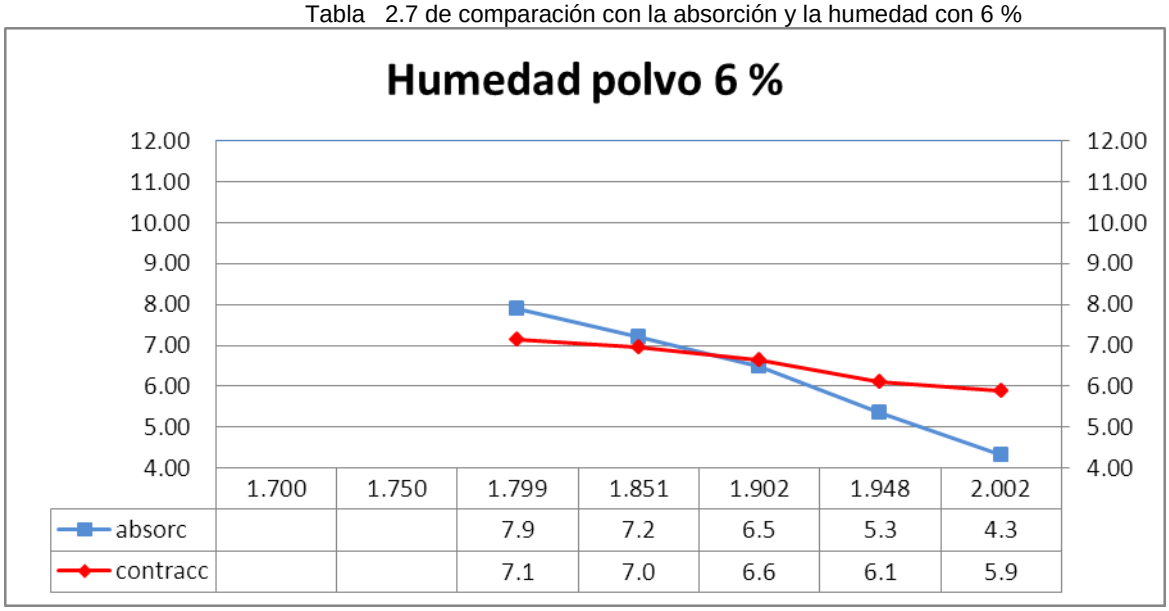
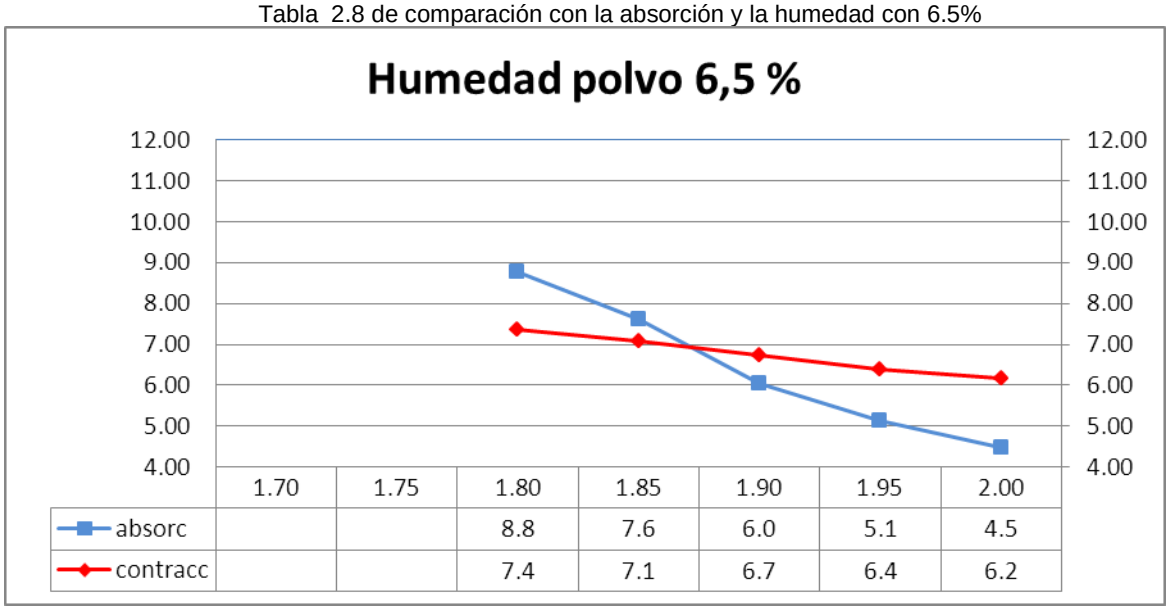


Tabla 2.8 de comparación con la absorción y la humedad con 6.5%



2.1.5 Interpretación de los Resultados.

% de Absorción vs. % de humedad de polvo Atomizado.

- Con la prensa que se dispone en el laboratorio no se pudo llegar a niveles de compactación baja debido a que la presión de prensado es mínima y el equipo da error, que daría la misma condición en producción.
- A una misma compactación pero con diferente humedad del polvo atomizado se aprecia que no es inversamente proporcional con el resultado de absorción, tal es el caso de la compactación de 1,800 en donde a mayor humedad la absorción de agua es mayor comparado con los resultados obtenidos con menores humedades.
- La tendencia general en las 3 humedades de estudio del polvo atomizado presentan una relación inversa con la absorción a medida que aumenta la variable de compactación.
- Se presenta una gran variación de la absorción en cada humedad al variar la compactación.

% de Contracción vs. % de humedad del polvo Atomizado.

- A diferentes humedades del polvo atomizado cambiando la compactación la variación de la contracción en mínima.
- La tendencia general de las 3 humedades del polvo atomizado es inversamente proporcional con la contracción a una misma compactación.
- La tendencia general de las 3 humedades del polvo atomizado a diferentes compactaciones es inversamente proporcional con la contracción.

- La diferencia entre el valor mínimo y el valor máximo obtenido en la contracción es de un 25%.

Presión de Prensado vs. % de humedad del polvo Atomizado.

- La humedades entre 6 y 6,5 la diferencia de presión en mínima para llegar a la compactación deseada
- La menor humedad 5.5% se necesita una mayor presión para llegar a la compactación requerida.
- La humedad de 6% por la diferencia mínima de presión es la más apropiada para aplicar en producción,
- La diferencia de esfuerzo para llegar a la presión que nos lleve a la compactación deseada en mayor de 6 a 5% de humedad que de 6 a 6,5%.

Análisis de variables de % de contracción y absorción de agua a humedad de polvo en 5%.

- En los extremos de compactación tanto mayor como menor la diferencia entre las dos variables es mayor que en el valor medio de compactación.
- En los valores de compactación entre 1,799 y 1,902 las variables de compactación y contracción presentan su menor variación de valor que se considera como más estable.

Análisis de variables de % de contracción y absorción de agua a humedad de polvo en 6%

- En los extremos de compactación tanto mayor como menor la diferencia entre las dos variables es mayor que en valores intermedios de compactación.
- En los valores de compactación entre 1,851 y 1,948 las variables de compactación y contracción presentan su menor variación de valor que se considera estable.

Análisis de variables de % de contracción y absorción de agua a humedad de polvo en 6,5%.

- En los extremos de compactación tanto mayor como menor la diferencia entre las dos variables es mayor que en valores intermedios de compactación.
- En los valores de compactación entre 1,850 y 1,900 las variables de compactación y contracción presentan su menor variación de valor que se considera estable.

Conclusiones.

- De los resultados obtenidos a nivel de laboratorio se observa que la mejor condición para tener una mejor estabilidad tanto en % de contracción como de absorción son las humedades de polvo de 6 y 6,5% por la menor variación de tamaño que presenta los resultados y así evitaría en producción los cambios de tamaño que se presentan y que además influyen otras variables de producción, como es diferencias de prensado y diferencias en la ubicación de quema en el horno
- En el caso de la variable absorción por efecto de la humedad su rango de variación no es grande por lo que se mantendría dentro de la condición de especificación en las Normas de requerimiento de la calidad de producto que define como condición de absorción de agua entre 6 y 10% de absorción de agua, para baldosas prensadas en seco.
- Para el caso de la variable contracción por efecto de la humedad del polvo atomizado en todas las 3 condiciones de humedad el rango de variación de tamaño es pequeño y puede ser considerado para la producción en el rango de compactación de 1,800 a 1,900.
- La presión de prensado en función de la humedad presenta una mejor operatividad en las humedades de 6 y 5,5 ya que está en las condiciones de mejor operatividad de las prensas de producción que son unos valores óptimos para que la prensa de producción puedan producir sin mucho esfuerzo del equipo y que tampoco sea subutilizado. En el caso de la humedad de polvo atomizado de 5,5 ya presenta un mayor esfuerzo para llegar a la compactación deseada.

Recomendaciones.

- Se necesita profundizar el estudio en rangos mayores de humedad del polvo atomizado para evidenciar el efecto que pueden presentarse con relación a la compactación.
- Realizar un diseño experimental considerando las mismas variables y otras adicionales como resistencia a la flexión, granulometría del polvo.
- Se debería aplicar en producción considerando otras variables en producción como son la granulometría del polvo atomizado, la distribución de polvo en los moldes, la ubicación de los moldes en la prensa y posteriormente la ubicación de las baldosas en el horno para determinar hasta qué grado influyen en la contracción y absorción de las baldosas quemadas

BIBLIOGRAFIA

A continuación se detalla las referencias de algunos libros que pueden ser considerados como referencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

1. NORTON, H. “Cerámica Fina”. Barcelona - España, Ediciones Omega, Tercera edición, 1988.
2. SACMI; Asociación Española de Técnicos Cerámicos., “Tecnología Cerámica Aplicada”. Castellón – España, Editorial *Faenza Editrice Ibérica*, Tomo I, 2004

REFERENCIAS ELECTRONICAS:

1. Substituicao do Mercurio por Agua na Determinacao da Densidade Aparente do Suporte Ceramico Cru

Marcelo Dal Bó Wenceslau F. Das Neves e Sidenir do Amaral Volume 7-Numero 2 Marco/Abril-2002.
http://www.ceramicaindustrial.org.br/search.php?f=2&search=densidad+aparente&match=2&date=0&fldauthor=1&fldsubject=1