



**Universidad de Matanzas
Facultad de Ciencias Técnicas
Departamento de Química e Ingeniería Química**

Trabajo de Diploma

Evaluación de la efectividad del aditivo DISTIN 204 en la producción de baldosas de terrazo monocapa en la fábrica “UEB Elementos de Piso” del municipio Unión de Reyes en Matanzas.

Autor: Marlon Alberto Tamayo Jorrín

Tutor: Ing. Medardo Domínguez Limia.

Matanzas

2017

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Tribunal

Miembro del Tribunal

Miembro del Tribunal

Calificación

Ciudad, fecha

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo, Marlon Alberto. Tamayo Jorrín declaro que soy el único autor del presente trabajo y autorizo a la Universidad de Matanzas y al Centro de Estudio Anticorrosivo y Tensoactivo (CEAT), a que haga uso parcial o total del mismo, con la finalidad que estime conveniente.

Nombre y Apellidos

Firma

PENSAMIENTO

“La ciencia puede divertirnos y fascinarnos, pero es la ingeniería la que cambia el mundo”

Isaac Asimov

DEDICATORIA

A mis padres Enilda y Alberto
por la paciencia y amor brindado,
A mi hermano Malcolm, el más bien amado,
A mi familia por darme su afecto.

A mis amigos, aunque no perfectos
alegran mis días de nieve,
han sabido cuidar bien su puesto
y sus besos y abrazos conmueven.

A los amores, que sin ellos
fuera más engorroso el camino.
A Dios, a la vida, al destino
Que ha sabido obsequiarme este sello.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Alberto Tamayo Izquierdo y Enilda M. Jorrín Carbó por inspirarme a realizar este sueño.

A mi hermano Malcolm Tamayo Jorrín por su comprensión en todo momento.

A toda mi familia por la preocupación y el apoyo brindado, en especial a mi tío Raidel y a su chofer.

A todo el Departamento de Química e Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas.

Al Centro de Estudio Anticorrosivo y Tensoactivo (CEAT) y en especial al profesor Medardo.

A todos los técnicos y profesores de laboratorio que aportaron su granito de arena.

A los técnicos de laboratorio de la ENIA por su confianza y ayuda.

Al colectivo de trabajo de la fábrica "UEB elementos de piso" por todo el servicio brindado.

A mis extraclases compañeros de clase Rolando, Ángel, Anet, Daina y Carlos por darme ánimo en todo momento.

A todos mis compañeros de clase por haber compartido conmigo esta importante etapa de la vida.

A todo aquel que contribuyó de una forma u otra con la realización de este sueño y me disculpa si no lo menciono aquí, le estoy eternamente agradecido.

Resumen

La presente investigación se inserta en el ciclo investigativo que realiza el laboratorio del Centro de Estudios de Anticorrosivos y Tensioactivos (CEAT) de la Universidad de Matanzas. La misma tiene el propósito de evaluar el efecto del aditivo DISTIN 204 en las características físico-mecánicas de las baldosas de terrazo monocapa. Se realizaron pruebas a nivel industrial en la fábrica “UEB Elementos de piso” del municipio Unión de Reyes donde se comparan las muestras patrón (sin adición de aditivo) respecto a muestras con el aditivo incorporado para parámetros constantes y con reducciones de cemento y agua del 18 y 15% respectivamente. Además, se realizan ensayos físico – mecánicos con el objetivo de conocer su comportamiento en cuanto a su resistencia a la flexión y compresión a diferentes edades (7, 14 y 28 días). La investigación muestra, además, el análisis económico del empleo del aditivo DISTIN 204 a nivel industrial con la finalidad de que pueda ser insertado en las producciones nacionales de baldosas de terrazo. Donde se pudo corroborar que la inclusión de aditivo DISTIN 204 incrementa la ganancia anual de la empresa en 1.1% y se cumple con todos los parámetros de calidad, según las normas.

Abstract

The present research is inserted in the line of research developed by the the Center for Anticorrosive and Surfactant Studies (CEAT) of the University of Matanzas. The purpose of this work is to evaluate the effect of the additive DISTIN 204 on the physical-mechanical characteristics of the monolayer terrazzo tiles. Industrial tests were carried out at the "UEB Elementos de Piso" plant in Unión de Reyes municipality, where standard samples (without addition of additive) were compared to samples with the additive incorporated for constant parameters and with cement and water reductions 18 and 15% respectively. In addition, physical - mechanical tests are performed with the objective of knowing their behavior in terms of their resistance to flexion and compression at different ages (7, 14 and 28 days). The research also shows the economic analysis of the use of the additive DISTIN 204 at the industrial level in order to insert it into the national terrazzo tile productions. As a result of this research it could be corroborated that the inclusion of additive DISTIN 204 increases the annual profit of the company by 1.1% and its fulfilled with all quality parameters, according to the Industry standards.

Tabla de contenido

Introducción.....	1
Capítulo 1. Análisis bibliográfico.....	5
1.1 Generalidades.....	5
1.2 Clasificación de las baldosas de terrazo.....	5
1.3 Características y propiedades de las baldosas de terrazo.....	6
1.4 Usos de las baldosas de terrazo.....	7
1.5 Los aditivos.....	9
1.5.1 Clasificación de los aditivos.....	9
1.5.2 Mecanismo de acción.....	11
1.6 Razones para el empleo de aditivos.....	12
1.7 Efectos del clima en la utilización de aditivos.....	13
1.8 Relación agua/cemento.....	13
1.9 Principales efectos de los aditivos.....	15
1.10 Ensayo de caracterización de los aditivos.....	16
1.11 El aditivo DISTIN 204 como plastificante y acelerador de la resistencia.....	18
1.11.1 Proceso de obtención del aditivo DISTIN 204 a escala de laboratorio.....	19
1.11.2 Características del aditivo DISTIN 204 plastificante y acelerador de la resistencia producido en el CEAT.....	20
1.12 Conclusiones parciales del capítulo.....	21
Capítulo 2. Materiales y métodos.....	22
2.1 Síntesis del aditivo DISTIN 204 a escala de laboratorio.....	22
2.2 Caracterización del aditivo DISTIN 204.....	23
2.2.1 Determinación de los sólidos totales.....	23
2.2.2 Determinación de la densidad.....	23
2.2.3 Determinación del pH.....	24
2.3 Determinar los parámetros de calidad del terrazo.....	24
2.3.1 Comprobación de los requisitos geométricos.....	25
2.3.2 Determinación del espesor.....	26
2.3.3 Resistencia a la flexión.....	26
2.3.4 Absorción de agua.....	28
2.3.5 Resistencia a la compresión.....	29.

2.4	Principales equipos utilizados en el laboratorio.....	30
2.5	Método de evaluación del aditivo DISTIN 204.....	31
2.6	Fábrica objeto de estudio.....	33
2.6.1	Flujo productivo.....	33
2.7	Conclusiones parciales del capítulo.....	34
	Capítulo 3. Análisis de los resultados.....	35
3.1	Resultados de la caracterización del aditivo DISTIN 204.....	35
3.2	Análisis de los resultados de la resistencia a la flexión.....	35
3.3	Análisis de los resultados de adsorción de agua.....	37
3.4	Análisis de los resultados de la resistencia a la compresión.....	38
3.5	Valoración económica.....	40
3.6.	Determinación de ahorro de cemento.....	41
3.7	Valoración económica con la inclusión del aditivo.....	42
	Conclusiones.....	44
	Recomendaciones.....	45
	Bibliografía.....	46
	Anexos.....	48

INTRODUCCIÓN

La elaboración de materiales y procesos constructivos para conseguir una pavimentación confortable y duradera ha sido una inquietud constante del hombre a lo largo de la historia. Utilizando para ello diferentes tipos de materiales dentro de los que podemos citar: piedras naturales, adoquines de madera, arcilla prensada a mano y cocida y el mármol.

Como resultado de la búsqueda surge en Venecia, a mediados del siglo XVI, el suelo de terrazo. En sus inicios se comienza a utilizar, como método para aprovechar los trozos sobrantes de la construcción de suelos de mármol. La palabra terrazo deriva de la palabra italiana "terrazza" - a su vez derivada del latín "terracĕus" (tierra)-, pues inicialmente estos suelos se emplearon para pavimentar las terrazas que rodeaban las viviendas de los obreros de la construcción. Al principio los criterios eran fundamentalmente prácticos, y una vez resueltos estos, fueron complementados por criterios más refinados en los que la belleza y el diseño cobraron una mayor relevancia. La tecnología de la piedra artificial dio paso al mosaico hidráulico, antecedente del terrazo, que desde el último cuarto del siglo XIX ha sido el material más usado y de mayor calidad con el que se ha pavimentado.

La baldosa de terrazo en la actualidad ha alcanzado un elevado nivel de aceptación por sus propiedades, belleza y múltiples usos. En su fabricación el mármol continúa siendo el árido de referencia, bien sea sólo o combinado con otros tipos de piedra, naturales o artificiales conglomerados con cemento (normalmente cemento blanco), a veces coloreado con pigmentos. Esta versión de la baldosa hidráulica deja al descubierto en su superficie las piedras que la forman, que una vez aplicadas las diferentes técnicas de acabado como Pulido, Granallado, Lavado, Texturizado, Bajorrelieves y mixtos dan el aspecto final.

Debido a su composición, las características del terrazo son muy similares a las del hormigón, salvo los terrazos epoxídicos, que presentan mejoras en apariencia, facilidad de limpieza, impermeabilidad y propiedades mecánicas. Según el tamaño del árido, los terrazos se dividen en "micrograno", "grano

medio" y "grano grueso", si bien no es habitual emplear hoy en día terrazo de grano grueso, salvo como soporte para otros acabados finales como moquetas, linóleo o laminados de PVC. Existen diferentes de formatos con relieves, aunque estos productos normalmente pasan ya a denominarse piedra artificial. Los tamaños usuales de las baldosas de terrazo son de 30x30cm y 40x40cm, aunque existen otros de mayor o menor tamaño.

En Cuba la producción de baldosas se inicia en La Habana a finales del siglo XIX, convirtiéndose en el segundo país de América, después de México, en llevar a cabo esta técnica. En un principio las baldosas importadas dificultaron el afianzamiento de las primeras firmas cubanas. No obstante, el auge de la construcción a principios del siglo XX y la popularidad que alcanzó este tipo de revestimiento lograron aumentar la demanda y surgieron nuevos fabricantes. Hoy en día existen fábricas de baldosas de terrazo y bloques de hormigón, en los cuales se utilizan aditivos para mejorar su calidad y suplir las demandas del país.

En los últimos años la utilización de aditivos para perfeccionar la calidad de las baldosas es cada vez más frecuente, se ha utilizado resinas epoxi, y en menor medida otros compuestos químicos como látex, resinas de poliéster y acrílicos para el sellado final.

Los aditivos químicos son compuestos orgánicos e inorgánicos que se emplean en las mezclas hidráulicas para la modificación de las propiedades en estado fresco o endurecido. Son empleados fundamentalmente para aumentar la laborabilidad de la mezcla de hormigón, acelerar o retardar el fraguado y en ocasiones dependiendo de las características del aditivo permiten mejorar la calidad y resistencia de este. En el caso específico para mezclas secas su introducción tiene como objetivo producir un cambio en las propiedades físico-mecánicas del mismo o en su comportamiento.

En la actualidad los cambios tecnológicos se producen de forma acelerada y la preocupación del consumidor hacia la calidad, durabilidad de los productos y servicios que se utilizan es fundamental. Por este motivo, la calidad de los aditivos, el control de los mismos para garantizar su homogeneidad en el tiempo, así como sus propiedades y efectos en las baldosas resulta de vital

importancia por los beneficios técnicos y económicos que estos aportan a los consumidores.

En nuestro país los aditivos para la construcción se adquieren como productos de importación a elevados precios o se producen en nuestro territorio a partir de materias primas importadas por no existir producciones nacionales de aditivos que puedan satisfacer las demandas actuales.

En el Centro de Estudio Anticorrosivo y Tensoactivo (CEAT) de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” se realizan investigaciones para la producción de una serie de aditivos, donde se han logrado sintetizar productos plastificantes, retardadores y aceleradores de fraguado, así como aceleradores de la resistencia de calidad similares a los productos de importación entre ellos el aditivo DISTIN 204.

Esta investigación tiene el propósito de evaluar las características de las baldosas de terrazo una vez incorporado el aditivo DISTIN 204 de producción nacional en su elaboración.

Problema científico:

Necesidad de mejorar las propiedades físico-mecánicas de las baldosas de terrazo monocapa producidas en la fábrica “UEB Elementos de Piso” del municipio Unión de Reyes en Matanzas, utilizando el aditivo DISTIN 204 de producción nacional.

El problema científico planteado genera la siguiente **hipótesis**: si se utiliza el aditivo DISTIN 204 de producción nacional en el proceso productivo de la fábrica de baldosas del municipio de Unión de Reyes, se podrán mejorar las propiedades físico-mecánicas de las baldosas de terrazo monocapa.

Objetivo general:

Evaluar la efectividad del aditivo DISTIN 204 en las propiedades físico-mecánicas de las baldosas de terrazo monocapa producidas en la planta “UEB Elementos de Piso” ubicada en el municipio Unión de Reyes, Matanzas.

Objetivos específicos:

1. Obtener a escala de laboratorio el aditivo DISTIN 204.
2. Caracterizar el aditivo DISTIN 204 obtenido.
3. Determinar el porcentaje de remoción de cemento en la producción de baldosas de terrazo monocapa.
4. Realizar un análisis de costo en la producción de baldosas de terrazo monocapa utilizando el aditivo DISTIN 204.

Capítulo1. Análisis bibliográfico

El presente capítulo hace referencia al análisis detallado de fuentes bibliográficas actualizadas sobre el tema en cuestión en el panorama mundial.

1.1 Generalidades

La baldosa de Terrazo fue creada como alternativa para aprovechar los trozos sobrantes de la construcción de suelos de mármol y surge en Venecia a mediados del siglo XV. Este material está compuesto por guijarros de piedra (habitualmente mármol) conglomerados con cemento, también podemos encontrar, dentro de sus ingredientes, aditivos y colorantes. En su composición original, el suelo de terrazo se componía simplemente de una base arcillosa sobre la que se vertían cascotes y guijarros de mármol. Posteriormente estos guijarros se pulieron para conseguir un pavimento más confortable. Esta baldosa prefabricada de hormigón puede estar provista de dos formas: capa vista o de huella y dorso o revés (Bicapas), o solo constituidas por la capa vista (Monocapa) en la que se centrara el presente estudio. (The National Terrazzo & Mosaic Association. 2008)

El terrazo permite aglutinar piedras naturales (de cantos rodados, granitos y /o mármoles triturados), que, mezcladas entre sí, con una dosificación exacta de sus otros componentes y una vez endurecido, puede ser sometido a numerosos tratamientos mecánicos secundarios industrializados, permitiendo obtener diferentes acabados superficiales y presentar una superficie lisa o rugosa, la cual resalta las formas y colores de sus componentes, aumentando sus posibilidades estéticas y funcionales (Lozano et al. 2003). Debido a su elevada resistencia y bajo costo, es uno de los materiales de acabado más empleado en pavimentos interiores y exteriores (Jiménez. 2008)

1.2 Clasificación de las baldosas

Las baldosas de terrazo presentan diversas clasificaciones; atendiendo al número de capas, el acabado superficial entre otras.

➤ Clasificación según el número de capas

- Monocapa: compuesta enteramente por la capa de huella, la cual alberga los trozos y guijarros de agregados (mármoles, granitos, sílices, basaltos y calizas).
- Bicapa: compuesta por una capa de huella y otra de apoyo o base (Lozano et al. 2003)

➤ Clasificación según los acabados superficiales

- Pulido: Acabado mediante el cual la cara vista queda perfectamente lisa, con el empleo en fábrica de pulidoras industriales, pudiéndose suministrar con diversos grados de pulido en función de los requerimientos del cliente, generalmente grano 220. En las baldosas pulidas se puede conseguir una amplia gama de colores y tonalidades al combinar los áridos y la pigmentación de la cara vista. La operación de pulido en fábrica conlleva un perfecto control de calidad, ya que se detecta cualquier defecto estructural y visual que pueda presentar la baldosa.
- Granallado: Con este procedimiento se consigue una superficie rugosa, antideslizante y plana. Este acabado se obtiene mediante un proceso de granallado. El proceso de granallado se realiza mediante proyección a alta velocidad, por turbinas, de granalla de acero sobre la cara vista de la baldosa.
- Lavado: Acabado en el que, mediante procesos secundarios, se elimina parcialmente el mortero de su capa vista con el fin de dejar visibles los áridos.
- Texturizado: La textura de la cara vista se obtiene directamente del molde de la prensa, sin someterla a tratamientos mecánicos.
- Bajorrelieves: Diseños especiales de la capa vista (en planta y alzado), obtenidos directamente de prensa. La capa vista de las baldosas puede tener multitud de diseños: pastillas, escudos, motivos decorativos, señales de identificación entre otros.
- Mixtos: Acabado en el que se combinan los tratamientos superficiales (Pulido + Granallado / Texturizado + Granallado), obteniéndose diseños especiales de la cara vista, ampliándose las posibilidades de tonos, brillos, texturas, formas y diseños. (Martínez; Ballester,2011)

1.3 Características y propiedades de la baldosa terrazo

Cabe destacar el conjunto de características que convierten a las baldosas terrazo en la solución ideal para la pavimentación:

- Variedad de diseños: Las posibilidades de combinación de las baldosas terrazo son ilimitadas, proporcionando un pavimento que puede sorprender por su vistosidad y belleza.
- Facilidad de mantenimiento: El pavimento, una vez que sus juntas han sido selladas, presenta una superficie continua, evitando la acumulación de agua o residuos en ningún punto. Para limpiar las baldosas, bastará con utilizar agua y

jabón de pH neutro. Cuando sea necesario, se aplicará un abrillantado con productos específicos.

- Resistencia al impacto: Es un tipo de pavimentación muy resistente a los golpes fortuitos que puedan producirse al caerse objetos sobre él, resistiendo sin dañarse.
- Alta durabilidad: La durabilidad de un pavimento puede considerarse como la propiedad de mantenerse prácticamente inalterable con el uso y el tiempo.

Como factores determinantes de esta propiedad encontramos: mínimo deterioro de su aspecto superficial (pérdida de brillo, arañazos), baja pérdida del espesor de la capa de huella, inalterabilidad con el paso del tiempo y la posibilidad de recuperar el acabado de la cara vista.

- Resistencia y reacción al fuego: Las baldosas prefabricadas de hormigón son altamente resistentes al fuego, no siendo reactivas frente a él, por lo que son muy adecuadas para su utilización en interior (Lozano et al. 2003)

1.4 Usos de la baldosa de terrazo

Las baldosas de terrazo muestran una variada aplicación las cuales se describirán en este acápite.

- Uso normal

El uso normal se caracteriza por tráfico peatonal ligero. Este uso es adecuado para viviendas, apartamentos, pequeñas oficinas, zonas comunes de edificios como rellanos y descansillos, dado que estas se ajustan perfectamente a las exigencias de este tipo de superficies, ofreciendo una amplia gama de colores y formatos, que permiten gran variedad de combinaciones y acabados para embellecer la zona a pavimentar.

Existen otras zonas pertenecientes a la vivienda que no se clasifican dentro de este uso, como por ejemplo balcones y terrazas (uso exterior), portales (uso intensivo) y garajes (uso industrial), cuyo análisis se encuentra desarrollado en los siguientes apartados.

- Uso intensivo

Este uso se caracteriza por el tráfico peatonal intenso, así como por posible paso de vehículos ligeros, lo que conlleva seleccionar un pavimento con mayor resistencia mecánica, resistencia al impacto y menor desgaste por abrasión.

Ejemplos de aplicación: centros comerciales, escuelas, hoteles centros sanitarios, oficinas, restaurantes, centros de culto, instalaciones militares, estaciones, centros de transporte, etc. (Martínez; Ballester. 2011).

- Uso industrial

Se caracteriza por la posibilidad de soportar tránsito de vehículos de carga media, y acciones derivadas de un uso más exigente. Así, se debe seleccionar un material que tenga mayores resistencias a roturas, desgaste e impacto.

Ejemplos de aplicación: talleres, fábricas, zonas de manejo de equipajes en andenes, aeropuertos, estaciones, muelles de carga, almacenes, entre otros.

- Uso exterior

La pavimentación de áreas exteriores, requiere usar materiales que tengan las siguientes características:

Elevada resistencia mecánica (rotura, impacto y desgaste). Alta durabilidad. Baja absorción de agua y resistente a las heladas. Superficie no deslizante. Facilidad de reposición. Posibilidad de diseño.

Las baldosas de Terrazo para uso exterior, cumplen estas características, siendo múltiples las posibilidades de diseño, pudiéndose fabricar con una gran variedad de texturas, relieves, colores y formatos (Jiménez. 2008).

La utilidad de la baldosa de terrazo la hacen, actualmente, una de las principales fuentes de comercio en cuanto a pavimentado se refiere. Necesario es, destacar en su proceso de fabricación del hormigón del cual surgen, la aplicación de aditivos, destacándose dentro de los más comunes los aceleradores de resistencia, retardantes de fraguado, reductores de agua, simples o de alta actividad. Los aditivos producen efectos sobre las etapas de inducción y aceleración del proceso de hidratación del hormigón, dichos efectos dependen del tipo de aditivo y de la composición química correspondiente. La presencia de aditivos en las masas de hormigón es fundamental para la durabilidad y colocación del hormigón. Sin embargo, deben conocerse las ventajas y las limitaciones de cada familia de aditivos para su óptimo funcionamiento y rendimiento (Olcina, 2014).

La rápida liberación del calor de hidratación y la aceleración del inicio del fraguado son una de las funciones fundamentales de los aditivos aceleradores y los productos anticongelantes. Estos permiten además desencofrar, someter a cargas o también exponer el hormigón al hielo dentro de un intervalo de tiempo bastante más corto. El efecto de aceleración depende en gran medida de su constitución química y del cemento utilizado. Prácticamente, estos causan siempre una pérdida más o menos importante de la resistencia final del hormigón (Cánoves, 2012).

1.5 Los Aditivos

Los aditivos se definen según plantea Ruiz (2009) como productos capaces de disolverse en agua, que se adicionan durante el mezclado en porcentajes no mayores del 5% de la masa de cemento, con el propósito de producir una modificación en el comportamiento del hormigón en su estado fresco o en condiciones de trabajo.

Por otra parte, según la Norma Cubana NC 228-1:2005 se define como una sustancia química que añadida en una proporción menor del 5% del peso del cemento, modifica las propiedades del hormigón en estado fresco y/o endurecido para el mejor comportamiento en las condiciones particulares de servicio. Aunque en la actualidad las mayores adiciones son de un 2% debido a las mayores concentraciones de los mismos.

El autor afirma de forma general que un aditivo es una sustancia química que se adiciona a la mezcla de hormigón en una porción entre 2 y 5% del peso del cemento con el objetivo de modificar sus propiedades en estado fresco o endurecido.

1.5.1 Clasificación de los Aditivos

Existen muchas clasificaciones internacionales de los aditivos las cuales varían de acuerdo a las normas vigentes en las diferentes regiones del mundo, estos se clasifican según su importancia y aplicación.

La norma norteamericana ASTM C-494 una de las más utilizadas en el mundo, agrupa a los aditivos en 7 grupos:

- Tipo A: Plastificantes (reductores del agua de amasado).
- Tipo B: Retardadores del fraguado.
- Tipo C: Aceleradores del fraguado.
- Tipo D: Plastificantes – Retardadores del fraguado.

- Tipo E: Plastificantes – Aceleradores del fraguado.
- Tipo F: Superplastificantes (reductores del agua de amasado de alto rango).
- Tipo G: Superplastificantes – Retardadores del fraguado.

La Norma Cubana NC 228-1:2005 presenta la siguiente clasificación:

- Aditivo plastificante/reductor de agua.
- Aditivo superplastificantes/reductores de agua de alto rango.
- Aditivo acelerador del fraguado.
- Aditivo acelerador del endurecimiento.
- Aditivo retardador del fraguado.
- Aditivo introductor de aire.
- Aditivo retenedor de agua.
- Aditivo hidrófugo de masa.
- Aditivo anticorrosivo.
- Aditivo multifuncional.

De forma general se considera que los aditivos normalmente se clasifican en categorías de acuerdo con su efecto:

- Aditivos plastificantes (reductores de agua).
- Aditivos superplastificantes.
- Aditivos aceleradores del fraguado.
- Aditivos retardadores del fraguado.
- Aditivos incorporadores de aire.
- Aditivos impermeabilizantes en masa.
- Aditivos inhibidores de la corrosión.
- Aditivos expansivos.
- Aditivos espumantes.

Muchos aditivos proporcionan combinaciones de las propiedades tales como plastificantes/retardadores del fraguado, plastificantes/aceleradores del fraguado, superplastificantes/retardadores de fraguado, entre otros. Un ejemplo de ello son los reductores de contenido de agua (fluidificantes o plastificantes): Estas sustancias al ser agregadas a los componentes del hormigón modifican en forma beneficiosa, tanto las características de la mezcla fresca, como endurecida. En la mezcla fresca,

dan la movilidad necesaria y al mismo tiempo mejoran su trabajabilidad, con menor consumo de agua que el que sería necesario en la mezcla sin aditivo. La disminución del contenido de agua, trae aparejados un conjunto de beneficios, tales como el aumento de la cohesión, con lo cual disminuye el peligro de la segregación de los componentes; además disminuye la exudación y por lo tanto la longitud de los canales capilares, con lo cual se reduce la permeabilidad, disminución de la contracción por secado y para igual contenido de cemento, aumenta la resistencia mecánica a todas las edades. La acción tensoactiva del aditivo dispersa y humecta las partículas finas de cemento y en consecuencia en el hormigón fresco aumenta la plasticidad, se reduce la relación agua/cemento, mejora la trabajabilidad y proporciona una masa más homogénea (Carrasco, 2012).

1.5.2 Mecanismo de acción

Posible es concebir la tensión superficial como un conjunto de fuerzas que “halan” el extremo de una superficie hacia el centro. Una sustancia cuya introducción en un sistema de reacciones provoca una disminución de la tensión superficial se denomina superficialmente activa, la adsorción de tales sustancias es positiva, o sea, en solución acuosa sus moléculas se orientan y se concentran en la interface aire-disolución; esto ocurre debido a que sus moléculas están constituidas por un radical orgánico apolar e hidrófobo unido a un grupo fuertemente polar e hidrófilo. La parte apolar tiende a dirigirse hacia el aire en la interface, mientras que la parte polar permanece hacia el interior del líquido.

En el agua las moléculas son polares y manifiestan tendencias a la polimerización (asociaciones moleculares) y de su acción mutua resulta la tensión superficial. En las disoluciones de las sustancias superficialmente activas, las moléculas superficiales de agua se encuentran separadas entre sí, ya que entre ellas se interponen grupos apolares que debilitan las actuaciones entre las mismas disminuyendo su tendencia a la polimerización provocando la reducción de la tensión superficial del agua (Téllez et al, 1989).

La naturaleza química de la superficie de las partículas finas, su mayor o menor polaridad y capacidad de hidratación, y en particular de las de cemento, en relación con la naturaleza del aditivo, su carácter más o menos hidrófobo del grupo apolar

frente a su afinidad por la superficie de las partículas, determinan el comportamiento del aditivo como humectante, dispersante, defloculador o desairante, o por el contrario como espumante, incorporador de aire, o floculante de las partículas de cemento. Para conseguir la humectación de las partículas de cemento es preciso que la adsorción física o química entre el aditivo y las partículas sea tal que estas proporcione a estas un revestimiento exteriormente polar (hidrófilo), es decir, que se fije una capa monomolecular sobre las partículas sobre la adsorción de su extremo apolar, se induce así una humectación de las partículas, puesto que los grupos polares del aditivo, orientados hacia el agua tienden a situarse en el interior del líquido; ello provoca además una acción dispersante o defloculante, ya que las partículas de cemento poseen la misma polaridad superficial y se repelen entre sí evitando la formación de grumos (Téllez et al, 1989).

1.6 Razones para el empleo de Aditivos

➤ *Economía de diseño*

- Cantidad mínima de cemento.
- Rápido desencofrado.
- Reutilización de moldes.
- Facilidad en la colocación y compactación.
- Rápido avance de la obra.
- Rápida puesta en servicio.

➤ *Especificaciones*

- Relación agua-cemento fija.
- Resistencia a temprana edad.
- Resistencias finales.
- Módulo de rotura.
- Resistencia a la abrasión.
- Estanqueidad del material.

1.7 Efecto del clima en la utilización de Aditivos

En condiciones de clima cálido, el efecto acelerador que la temperatura tiene sobre la pérdida de trabajabilidad del hormigón puede ser superado utilizando una mayor

cantidad de agua que en condiciones estándar. No obstante, este aumento en la cantidad de agua no es del todo deseable y puede ocasionar efectos secundarios en el hormigón como la segregación y el sangrado. En este sentido, una opción viable y muy utilizada es la utilización de aditivos reductores de agua.

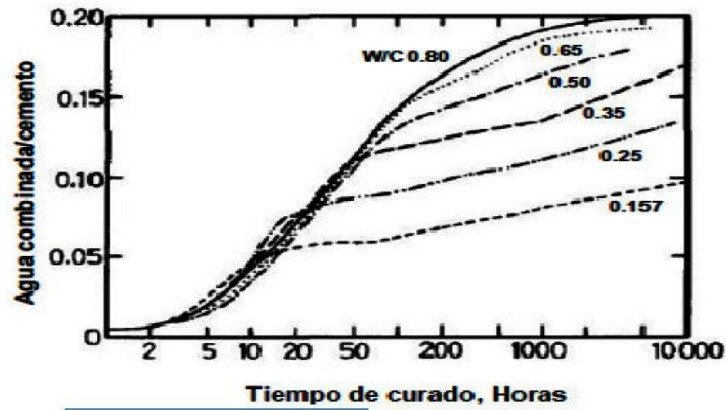
La utilización de aditivos superplastificantes por otro lado, se ha hecho común en los últimos años. Este tipo de aditivos tiene un efecto mucho más importante sobre la consistencia del hormigón que los tradicionales reductores de agua, sin tener ningún efecto colateral sobre las propiedades del hormigón, como por ejemplo segregación o sangrado. De igual forma, como la relación agua/cemento no es modificada, se pueden tener resistencias más altas. Sin embargo, debe considerarse que el efecto de los superplastificantes en la consistencia del hormigón tiene poca duración, durando en promedio entre 30 y 60 minutos después de adicionarse a la mezcla, aún en condiciones térmicas moderadas; este tiempo obviamente será menor a mayores temperaturas. Por lo visto, ahora existen nuevos tipos de superplastificantes que tienen un efecto más duradero y, por lo tanto, presentan un comportamiento más adecuado en climas cálidos (Ortiz, 2005).

Analizando lo antes planteado se justifica el uso de aditivos superplastificantes para las condiciones climáticas de nuestro país, siendo estas cálidas en la mayor parte del año.

1.8 La relación Agua/Cemento

Según Cánoves, (2012), citado por Hernández (2016), un mal manejo de la relación agua/cemento puede afectar la reología de suspensión, la evolución de la hidratación y las propiedades del material hidratado. Para relaciones de agua/cemento entre 0,3 y 0,6, la suspensión tiene cierta consistencia y es llamada “pasta de cemento fresco”. La evolución de la hidratación de la pasta de cemento en función de la relación agua/cemento se muestra en siguiente gráfico:

Gráfico 1.1 Relación agua/cemento

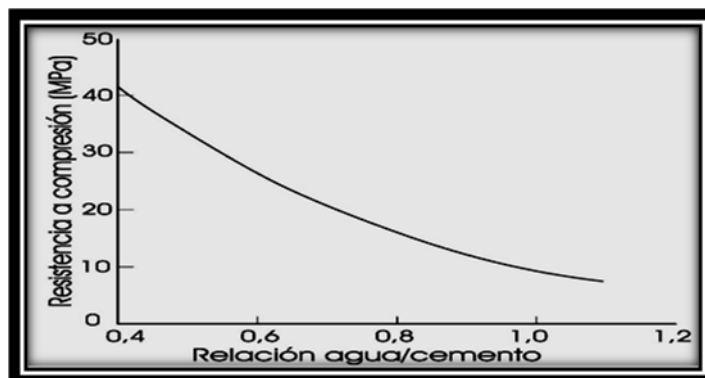


Reología: es la parte de la física que estudia la relación entre el esfuerzo y la deformación en los materiales que son capaces de fluir (Dimitrienko, 2011).

El grado de hidratación en la figura se describe como la relación entre el peso del agua combinada y el peso de cemento anhidro, asumiendo que la composición de la pasta de cemento no se modifica durante la hidratación. Esto probablemente no es correcto a edades tempranas cuando la hidratación es selectiva, pero se puede asumir a edades más avanzadas.

En el gráfico 1.1 se aprecia que la relación agua/cemento no afecta significativamente a la velocidad de hidratación durante las primeras 24 horas, sin embargo, para edades más avanzadas, la velocidad de hidratación disminuye, y el decrecimiento tiene lugar antes, cuanto menor es la relación agua/cemento. Por lo tanto, relaciones agua/cemento inferior a 0,35 dan lugar a bajos grados de hidratación. Sin embargo, el aumento de la relación agua cemento incrementa la porosidad del hormigón, lo que produce una disminución de la resistencia del mismo.

Gráfico 1.2 Resistencia a la compresión vs relación agua/cemento.



Como el aditivo a evaluar en este estudio es un aditivo para acelerar el proceso de fraguado y el aumento de la resistencia a la compresión, pues a continuación se brinda la caracterización general de ellos:

Aditivo que disminuye el tiempo de transición de la mezcla para pasar del estado plástico al estado rígido. Sus principales características son: usados en tiempo frío, para cementos lentos, y otros. La reducción del tiempo de fraguado es función de varias condiciones (temperatura, dosis y materias primas). Posee un costo medio y debe utilizarse una dosis limitada porque una sobredosis podría causar poco efecto como que reducir las resistencias a largo plazo (Olcina, 2014).

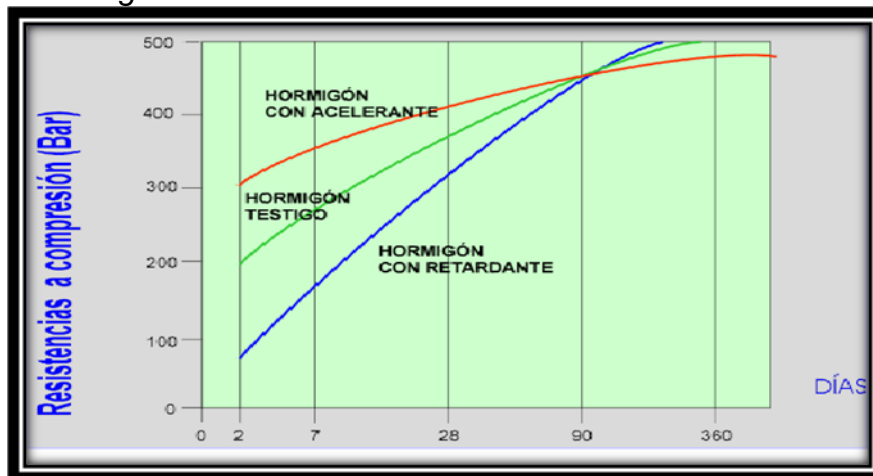
1.9 Principales efectos de los aditivos

Tabla 1.1 Principales efectos de los aditivos sobre el hormigón. Según criterios de Cánoves, (2012), Whiting y Dziedzic, (1992).

Efectos sobre	Fluidificante	Acelerantes de fraguado	Retardantes de fraguado	Inclusores de aire
Trabajabilidad	++	-	+	+
Segregación	+		-	+
Fraguado	-	++		
Retardo			++	
Comportamiento frente a bombeo	+			
Resistencia inicial	+	++	-	-
Resistencia final	+	-	+	-
Permeabilidad	+	-		+
Resistencia a heladas y sales	+	-	-	++
Hormigonado a bajas temperaturas	+	+	-	
Hormigonado a temperaturas elevadas		-	+	
++ efecto deseado + efecto positivo - riesgos de efectos no deseados				

Esta muestra los efectos sobre algunas variables de algunos aditivos, donde los aditivos acelerantes de fraguado solamente pueden ser usados para dicha acción específica, y para aumentar positivamente la resistencia inicial del hormigón (Olcina, 2014).

Gráfico 1.3 Efectos sobre las resistencias para aditivos retardadores y aceleradores de fraguado.



En el gráfico se puede observar claramente que el hormigón con un aditivo acelerante posee mayor resistencia en un período menor a 92 días aproximadamente, comparándolo con un hormigón patrón y con uno con aditivo retardante, porque a partir de este tiempo ya se igualan las resistencias respectivamente según el autor.

El autor antes mencionado y Rixom, Mailvaganam, (1986), también concuerdan que los aditivos aceleradores de resistencia son útiles para:

- Desencofrado rápido: permite mayor capacidad de utilización de los moldes.
- Aceleración del proceso en consistencias "in situ" cuando el hormigón o la mezcla se realizan a bajas temperaturas: debido a que poseen un costo medio y se utiliza una dosis limitada, porque una sobredosis podría causar poco efecto y reducir las resistencias a largo plazo.

1.10 Ensayos de caracterización de los Aditivos

Las características propias de cada aditivo son determinadas por una serie de ensayos físico-químicos que permiten su determinación. Según plantea Téllez y Salgado (1989) estos ensayos nos dan la caracterización del aditivo, mediante ellos podemos determinar la eficiencia de sus componentes, de las adiciones y las impurezas, ya que verifican el contenido de los constituyentes principales y sus propiedades fundamentales. Los ensayos para la identificación de aditivos son: contenido de cloruro, contenido de cenizas, contenido de sólidos, contenido de azúcares, contenido de lignosulfonato, densidad, solubilidad, pH, tensión superficial,

poder espumante, alcalinidad total, superficie específica, color, olor y análisis infrarrojo. A continuación, se explican los ensayos para la caracterización de los aditivos según plantea la bibliografía consultada.

- Contenido de sólidos totales.

Se realiza en una estufa a partir de la evaporación del agua presente en las muestras y por la diferencia de pesadas iniciales y finales de las muestras se obtiene el valor de los sólidos totales según (NC 271-1: 2003). Este ensayo permite obtener la cantidad de ingrediente activo que se encuentra en el aditivo (Téllez y Salgado, 1989).

- Determinación de la densidad.

El ensayo de densidad en aditivos nos permite determinar con bastante exactitud la proporción de sólidos disueltos en el solvente. La determinación de la densidad se realiza en un picnómetro a partir de la diferencia de las masas del instrumento vacío y el instrumento con el aditivo entre el volumen (NC 271-2: 2003).

- Contenido de cloruros.

Es de gran importancia determinar el contenido de cloruros debido a que estos originan efectos corrosivos en el hormigón y algunos aditivos lo presentan en su composición; por lo tanto, es necesario determinar el porcentaje de cloruros y comprobar que se encuentre dentro los límites establecidos según la norma que se utiliza. Consiste en la realización de una titulación potenciométrica para determinar el porcentaje de iones cloruros (NC 271-3: 2003).

- Determinación del pH.

Es necesario conocer dentro de que rango se encuentra el pH de los aditivos debido a que estos actúan sobre el cemento, aunque las proporciones a utilizar por lo general son pequeñas los productos de hidratación del mismo son estables en medio alcalinos.

Se define el pH como el logaritmo negativo de la concentración hidrogeniónica. Un potenciómetro con un electrodo indicador de vidrio actúa como una semipila. Al contacto de este electrodo con una disolución que contenga una concentración hidrogeniónica diferente a la del electrodo de vidrio, se genera una diferencia de potencial que en el equipo se transforma en valores de pH (NC 271-4: 2003).

- Contenido de cenizas.

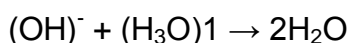
En los aditivos líquidos el agua se evapora a 100 °C y posteriormente se calcina la muestra a una temperatura de 1000 °C, quedando los residuos sólidos de diferente naturaleza, según sea el aditivo (NC 271-5: 2003).

- Determinación de sustancias insolubles.

Las sustancias insolubles presentes en un aditivo en estado líquido son retenidas en un filtro tarado y se obtiene el porcentaje de sólidos en suspensión conociendo la masa del aditivo utilizado; por lo que las partículas insolubles de los aditivos pueden estar referidas al agua destilada o al agua saturada de cal (NC 271-6: 2003). Los aditivos pueden presentar la característica de ser parcialmente insolubles lo cual no es favorable para lograr la homogeneidad del producto esto trae como consecuencia que no se logra una eficiente dispersión del aditivo en las partículas de cemento; por lo tanto, es necesario obtener la menor cantidad de partículas insolubles en los aditivos (Téllez y Salgado, 1989).

- Determinación de la alcalinidad.

La determinación de la alcalinidad nos brinda una valoración primaria para la aprobación o rechazo del aditivo debido a que uno de los pasos para la obtención de aditivos es neutralizar los ácidos que intervienen en la formulación de los productos. Los iones hidroxilos, presentes en los aditivos alcalinos reaccionan con los hidrogeniones provenientes de una disolución de ácido fuerte de concentración conocida, de acuerdo con la siguiente reacción:



Se recomienda la realización de una titulación potenciométrica para determinar la concentración de iones hidroxilos, presentes en el aditivo (NC 271-7: 2003).

1.11 Aditivo DISTIN 204 plastificante y acelerador de la resistencia.

El Aditivo DISTIN 204 fue evaluado previamente por Rodríguez (2014) en bloques de hormigón vibrocompactados; un aumento de las resistencias físico-mecánicas y un ahorro de cemento de un 10% de la cantidad normada del producto son sus principales resultados.

Esta investigación se centra en la producción de baldosas hidráulicas con la incorporación de dicho aditivo; producido por el Centro de Estudio Anticorrosivo y Tensoactivo (CEAT) de la Universidad de Matanzas. Actualmente en nuestro país no existen producciones de aditivos plastificantes aceleradores de la resistencia; esto conlleva a importar los productos; por lo tanto, el CEAT tiene como objetivo disminuir importaciones obteniendo aditivos de calidad similares a los de importación. A continuación, se expone una panorámica de las materias primas utilizadas para su obtención, así como la descripción del proceso productivo del aditivo a escala de planta piloto, y se describe sus principales ventajas tras su aplicación (Rodríguez, 2014). (ANEXO 1)

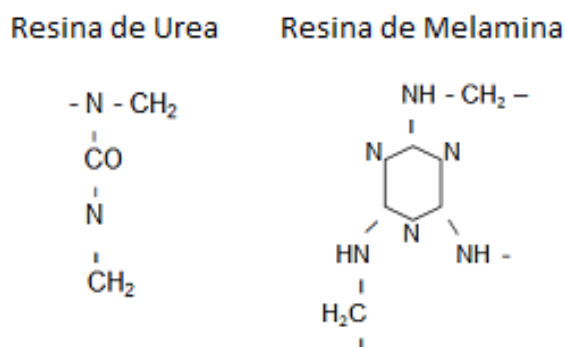
1.11.1 Proceso de producción del aditivo DISTIN 204 a escala de laboratorio

Materias primas para la síntesis:

- Urea [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$]: Cristales o polvo blanco, casi incoloro, sabor salino fresco, soluble en agua, alcohol y benceno, y ligeramente soluble en éter.
- Sulfito de sodio [Na_2SO_3]: Cristales o polvo blanco, sabor sulfuroso salino, soluble en agua, muy poco soluble en alcohol. Puede presentarse anhidro, Na_2SO_3 o hidratado, $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
- Formaldehído [CH_2O]: Sustancia gaseosa que se emplea en solución acuosa al 37%, siendo este un líquido claro, incoloro de olor penetrante, sofocante y venenoso.

Los aditivos plastificantes son conocidos internacionalmente por emplear resinas sintéticas de melamina, las cuales se han evaluado en investigaciones anteriores dando resultados satisfactorios, incluso en nuestro país. Para la obtención de este aditivo se emplea una resina aminoplástica, y teniendo en cuenta que las resinas de urea y melamina poseen propiedades similares, como por ejemplo los grupos terminales son iguales, siendo las resinas de urea menos costosa debido a que se obtiene por un procedimiento mucho más simple que la melamina, se emplea una resina de urea de carácter soluble similar a la resina de melamina (Rodríguez, 2014).

Figura 1.4 Materias primas empleadas en la producción de aditivos.



Una de las principales reacciones de formación del aditivo es la resina de urea al reaccionar con el formaldehído, que forma compuestos del tipo metilol mediante la llamada hidroximetilación: $R - NH_2 + CH_2O \leftrightarrow R - NH - CH_2O$ (monometilolurea) (Domínguez, 1993, citado por: Rodríguez. 2014).

Descripción del proceso para la obtención del aditivo DISTIN 204 a escala de planta piloto el cual se divide en las siguientes etapas: preparación de las materias primas, condensación y envasado. El producto se prepara en un reactor de acero aleado de 0,8 m³ de capacidad con sistema de calentamiento con vapor y enfriamiento por agua, dotado de un agitador con motor. Después de la preparación de las materias primas se carga el reactor con agua de proceso, posteriormente se conecta la agitación y se le incorpora la urea. Una vez disuelta toda la urea se le añade el sulfito de sodio y cuando éste se halla disuelto completamente se procede a la condensación suministrando el formaldehído al 37 % de concentración. Se conecta la calefacción con vapor para el calentamiento del sistema hasta lograr una temperatura próxima a los 100 °C y un tiempo de una hora de agitación mantenida. Finalmente se enfría el contenido del reactor utilizando el sistema de enfriamiento por agua y se desconecta la agitación. El producto líquido es separado y evacuado del reactor hacia los recipientes de envase.

1.11.2 Características del aditivo DISTIN 204 plastificante y acelerador de la resistencia producido por el CEAT

El aditivo DISTIN 204 ha sido diseñado como plastificante y acelerador de la resistencia para mezclas de consistencia seca en el CEAT.

El producto DISTIN 204 es un aditivo con base de un condensado aminoplástico-sulfonado y se clasifica como reductor de agua, acelerador de la resistencia y plastificante. Para ser empleado fundamentalmente en bloques de hormigón, este proporciona notables mejoras en la laborabilidad, la resistencia mecánica, resistencia ante los agentes agresivos, así como en la durabilidad de las obras, puede además lograrse una importante economía del cemento de las pastas de hormigón. Con el empleo de este aditivo se logran importantes reducciones agua/cemento, además se puede poner rápidamente en servicio una estructura u obra (Rodríguez, 2014).

1.12 Conclusiones parciales del capítulo

1. En este capítulo se pudo corroborar que los aditivos plastificantes y aceleradores de resistencia mejoran las propiedades de las mezclas de hormigón a edades tempranas.
2. Las dosis deben de manejarse con sumo cuidado dado que un exceso de estas puede contrarrestar los efectos de la resistencia.
3. Las baldosas de terrazo se clasifican según su acabado: Bajorrelieve, lavado, pulido, texturizado, granallado o mixto.
4. Al emplear el aditivo DISTIN 204 en estas baldosas se espera mejorar sus propiedades sin incumplir los parámetros estipulados en la norma cubana NC: 237: 2009 Baldosas de terrazo.

Capítulo 2. Materiales y Métodos

EL capítulo hace referencia a los materiales y métodos empleados en la investigación, y la determinación de la preponderancia del aditivo DISTIN 204 en la producción de baldosas de terrazo a partir de las propiedades físico-mecánicas del producto.

El aditivo DISTIN 204 plastificante y acelerador de la resistencia es obtenido a escala de laboratorio del cual se describirán, de forma general, los utensilios y aparatos a valerse. Se describe el proceso de producción de baldosas de la empresa y se caracterizan los equipos empleados y los métodos de ensayos físico-mecánicos del producto final. Se realizan ensayos para una sola dosificación de aditivo, con variables constantes y variando las cantidades de agua y cemento a consumir.

2.1 Síntesis del aditivo DISTIN 204 a escala de laboratorio

En principio se explicará el proceso de obtención del aditivo DISTIN 204 plastificante y acelerador de la resistencia realizado en el laboratorio de la Universidad de Matanzas sede Camilo Cienfuegos, así como los utensilios adjuntos a dicho proceso.

• Aparatos y Utensilios

- Beaker de 5000ml de capacidad.
- Balanza técnica de 0.001g de precisión.
- Agitador Ika RW 20 digital.
- Campana de extracción.
- Termostato de aceite
- Probeta graduada de 2000 y 100ml
- Termómetro de bulbo hasta 200°C y precisión $\pm 0.5^\circ\text{C}$

• Descripción general

En un beaker de 5000ml de capacidad se añaden cerca de 2000ml de agua común, adicionándole Sulfito de Sodio (Na SO_3) y agitándolo hasta su disolución; acto seguido se agrega urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) formándose una mezcla blanquecina que se traslada al termostato en la campana de extracción donde se le añade el formaldehído (CH_2O) al 37% manteniéndose la agitación ($\approx 200\text{rpm}$) para conservar la homogeneidad en tanto se alcanza una temperatura entre 100 -105°C instante en el cual ocurre la reacción que muestra un cambio de coloración variable desde amarillo suave a marrón que indica la fortaleza de las propiedades tensoactivas.

2.2 Caracterización del aditivo DISTIN 204

Las características del aditivo DISTIN 204 son determinadas de acuerdo a las normas consultadas (NC 271-1: 2003, NC 271-2: 2003, NC 271-3: 2003), para determinar los sólidos totales, la densidad y el pH. Estos ensayos fueron realizados en los laboratorios de ingeniería química de la Universidad de Matanzas.

2.2.1 Determinación de sólidos totales

En este ensayo se utiliza arena sílice procedente del yacimiento de Sigüanea, Isla de la Juventud, con un contenido de sílice mayor del 98% en peso y una granulometría de (0,5-1,0) mm. Una vez establecida la granulometría se vierten de (20-30) g de arena sílice en una cápsula de Petri, seguidamente esta se coloca en la estufa durante 17 horas a 105 ± 2 °C. Alcanzado el tiempo establecido en la estufa, se extrae y se introduce en una desecadora enfriándolo hasta temperatura ambiente para determinar la masa de la arena sílice una vez extraída toda la humedad, utilizando una balanza analítica con una precisión de 0,001g. Posteriormente se toman 4 g del aditivo con una pipeta de (0-10) cm³, esparciéndolo de forma homogénea sobre la superficie de la arena sílice y se determina la masa del conjunto (arena y aditivo). Se coloca la cápsula de Petri con dicha muestra en la estufa a (105-110) °C por un tiempo aproximado de 2 horas, una vez enfriada la muestra se determina la masa del conjunto (arena y residuo), este procedimiento es replicado tres veces para comprobar la veracidad de la medición. La expresión 2.1 es utilizada para determinar el porcentaje de sólidos totales.

$$\% \text{ de sólidos totales} = \frac{A}{M} * 100 \quad \text{ec. 2.1}$$

Dónde:

A: Masa del residuo seco (masa del frasco con arena y residuo menos la masa del frasco con arena) (g).

M: Masa de la muestra (masa del frasco con arena y aditivo menos la masa del frasco con arena) (g).

2.2.2 Determinación de la densidad

Se pesa limpio y seco un picnómetro Gay Lussac de 50 cm³ para determinar su masa en una balanza analítica de (0-200) g de capacidad con una precisión de 0,0001g, posteriormente se llena completamente el picnómetro de Gay Lussac con la muestra de aditivo y se coloca la tapa, teniendo especial cuidado de que la

muestra suba hasta el extremo superior de ésta. Se deja en reposo el picnómetro con la muestra en el local donde se realizan las pesadas a una temperatura estable de 25° C, seguidamente se pesa el picnómetro con la muestra en la balanza analítica. Este procedimiento es replicado tres veces para comprobar la veracidad de la medición. Para obtener la densidad del aditivo se emplea la siguiente expresión:

$$d = \frac{m_2 - m_1}{v}$$

ec. 2.2

Dónde:

d: densidad (g/cm³).

m1: Masa del picnómetro seco (g).

m2: Masa del picnómetro con la muestra (g).

V: Volumen de muestra especificada por la capacidad del picnómetro (cm³).

2.2.3 Determinación del pH

Se emplea un medidor de pH con electrodo de vidrio y de calomel saturado y se calibra el mismo con una solución buffer de pH 9 para aditivos con pH mayor de 7. Se toman tres muestras de (30 a 40) cm³ de aditivo en un vaso de precipitado de 50 cm³. Se introducen los electrodos del medidor de pH, se agita la solución para homogeneizarla convenientemente y se lee en la escala de pH, después de verificar una lectura estable. Los resultados medidos con la precisión del pH-metro se expresará con una cifra decimal, a 20 ±1°C. Los resultados son la media aritmética de las tres medidas realizadas, si ninguno de los tres valores se diferencia en más de 0,2 unidades de la media; en caso contrario, se repetirá la medición.

2.3 Determinación de los parámetros de calidad del terrazo

Términos Claves:

- Baldosa de terrazo monocapa

Baldosa de terrazo compuesta íntegramente por una capa de huella.

- Cara de apoyo

Superficie generalmente paralela a la cara vista y que queda en contacto con el prepiso después de la colocación.

- Cara vista

Superficie que queda a la vista cuando está en uso, puede tener la textura del molde de fabricación (lisa, rugosa etc.) o ser sometida a un tratamiento secundario superficial para darle una textura determinada, tales como pulido, lavado, granallado etc. o combinación de varios.

- Cara vista texturada

Cara vista no plana. La textura puede conseguirse bien directamente del molde o por medio de un proceso secundario.

- Espesor

Distancia entre los planos que definen la cara inferior y la cara superior de la baldosa.

2.3.1 Comprobación de los requisitos geométricos

Para este acápite se tomará una muestra de 4 baldosas enteras, de las cuales se determinarán sus dimensiones planas, para lo cual dispondremos de una regla de acero con una precisión de 1mm o un calibre de precisión similar.

- Régimen operatorio

Se medirá la longitud y anchura en baldosas tanto cuadradas como rectangulares. Para cada una de las dimensiones (longitud y anchura) se tomarán tres medidas sobre cada una de las cuatro baldosas que componen la muestra. Estas medidas se tomarán en puntos opuestos situados a una distancia comprendida entre 30 mm y 50 mm de las esquinas de la baldosa y el centro de la misma.

Se registrarán las tres medidas efectuadas, calculándose la media aritmética de estas tres medidas para cada dimensión de la baldosa (longitud y anchura) y, para cada dimensión se calculará su medida (longitud y anchura de la muestra). Como resultado del ensayo se dará para cada dimensión ensayada:

- El valor de la longitud y anchura individual de cada baldosa ensayada, expresada en mm y con una cifra decimal.

La longitud y anchura máxima y mínima de la baldosa, expresada en mm y con una cifra decimal, aplicando a su longitud y anchura nominales la tolerancia permitida.

- Para otros formatos, se comprobarán las dimensiones nominales y tolerancias declaradas por el fabricante. Los resultados se darán expresados en mm con una cifra decimal.

2.3.2 Determinación del espesor

Se dispondrá de un calibre plano con precisión de 1mm para esta determinación.

- Régimen operatorio

En cada una de las cuatro baldosas que componen la muestra se tomarán 4 medidas entre los planos que definen su cara vista y su cara de apoyo en cuatro puntos situados a una distancia comprendida entre 30 mm y 50 mm del borde de la baldosa y a una distancia comprendida entre 50 mm y 100 mm de cada esquina.

Los puntos de medición no coincidirán con posibles rebajes en el dorso producido por el marcado identificativo del fabricante.

Se registrarán las cuatro medidas efectuadas, calculándose su media (espesor de la baldosa) y se calculará el valor medio de estos espesores (espesor de la muestra).

Como resultado del ensayo se dará: el valor individual de cada baldosa, expresado en milímetros y con una cifra decimal.

El espesor máximo y mínimo que por su espesor nominal le corresponde, teniendo en cuenta las tolerancias admisibles.

Para baldosas cuya capa de huella sea texturada no presentando una superficie externa lisa en los puntos de mediciones, el método de medición del espesor y las tolerancias será declarado por el fabricante.

2.3.3 Resistencia a la flexión

- Preparación de las probetas

De cada losa que constituye la muestra de ensayo se cortarán dos probetas en la cortadora de testigos, las cuales serán de 100 mm de ancho por la longitud de la baldosa de acuerdo con su formato. (Anexo 2)

- Régimen operatorio

La distancia entre los soportes será de 2/3 de la longitud de la baldosa, pero en el caso de que la separación entre apoyos inferiores (L) sea inferior a tres veces el espesor de la baldosa, se reducirá la distancia entre los soportes y el borde de la baldosa a la mitad del espesor de esta. La distancia ente apoyos inferiores (L) estará

dentro del 0,5 % de la distancia especificada, redondeando al número entero más cercano, en mm. Se coloca cada una de las 4 baldosas que componen la muestra, con su cara vista (hacia la barra de carga), simétricamente respecto a los soportes inferiores de la máquina de ensayo y de forma que su lado más corto este paralelo a estos soportes.

La carga se aplicará sin golpes y se incrementará uniformemente hasta la rotura, con una velocidad tal que la rotura se produzca en (45 ± 15) s. De no ser así la probeta se sustituirá por otra. (ANEXO 3)

Para el ensayo de baldosas no rectangulares, se situarán en la máquina de ensayo con el centro de la barra inductora de la carga en el centro de gravedad del área, de tal forma que la carga de rotura sea la mínima posible.

- Ensayo de baldosas no rectangulares

Cuando se vayan a ensayar baldosas no rectangulares, se situarán en la máquina de ensayo con el centro de la barra inductora de la carga en el centro de gravedad del área, de tal forma que la carga de rotura sea la mínima posible.

- Cálculo de los resultados

El módulo de flexión T, en MPa, de cada baldosa se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$T = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot h \cdot l^2} \quad \text{ec. 2.3}$$

Donde:

T - módulo de flexión de la baldosa, en MPa (N/mm²).

P - carga de rotura de la baldosa, en N.

L - distancia entre apoyos inferiores, en mm.

h - anchura de la baldosa en el plano de rotura en mm.

l - espesor de la baldosa en el plano de rotura, en mm.

Se registrará la resistencia T en MPa y la carga de rotura P en kN de cada ensayo individual. (NC 237, 2009)

2.3.4 Absorción de agua.

Una vez preparadas las probetas a temperatura ambiente se saturan hasta alcanzar una masa constante. La pérdida de la masa se expresa como porcentaje de la masa de la probeta seca, y no debe exceder en un 8% de esta.

La muestra estará formada por 4 baldosas y se utilizará agua potable en el análisis.

- Equipos

Estufa de secado ventilada con un rango de temperatura controlable superior de (105 ± 5) °C Recipiente de base plana, con una capacidad al menos 2,5 veces el volumen de las probetas a ser sumergidas y con una profundidad de no menos 50 mm mayor que la altura de las probetas según se coloquen al ser sumergidas.

-Balanza, con lectura en gramos del 0,1% de la lectura

-Cepillo duro

-Tela

- Preparación de las probetas

Se elimina todo el polvo, desconchados, etc. Con un cepillo y se asegura que todas las probetas estén a la temperatura ambiente.

- Procedimiento

Se sumergen las probetas en agua potable a la temperatura ambiente utilizando el recipiente hasta que se alcance la masa constante M1. Se separan las probetas una de las otras al menos 15 mm y se asegura que existe un mínimo de 20 mm de agua sobre ellas. El período de inmersión debe ser de 72 horas mínimo y la masa constante se dará por alcanzada cuando dos pesadas en un intervalo de 24 horas muestren una diferencia en la masa de la probeta inferior al 0,1%, antes de cada pesada, se limpia la probeta con un trapo que previamente habrá sido humedecido y escurrido para eliminar cualquier exceso de agua. El secado es correcto cuando la superficie del hormigón esté mate.

Se coloca cada probeta en la estufa, de tal forma que la distancia entre cada probeta sea de al menos 15 mm. Se seca la probeta a una temperatura de (105 ± 5) ° C, utilizando el recipiente hasta que alcance la masa constante M2. El período mínimo de inmersión debe ser de 72 horas y la masa constante se dará por alcanzada cuando dos pesadas realizadas en un intervalo de 24 horas muestren una diferencia

en la masa de la probeta inferior al 0,1 %. Se deja que las probetas se enfríen a temperatura ambiente antes de ser pesadas.

- Cálculo de los resultados

Se calcula la absorción de agua W_a , de cada probeta como un porcentaje de su masa empleando la siguiente ecuación:

$$W_a = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100 \quad \text{ec. 2.4}$$

m_1 - masa inicial de la probeta expresada en gramos.

m_2 - masa final de la probeta expresada en gramos.

La absorción de agua de la muestra se considera igual al valor promedio de los valores de absorción de agua de las probetas. (NC 237, 2009)

2.3.5 Resistencia a la compresión

- Probetas

Las probetas para ensayos serán cilíndricas y su altura, h , será dos veces su diámetro, d , salvo probetas usadas para pruebas de tracción. Las dimensiones para este ensayo son: 150mm de diámetro por 300mm de altura. (ANEXO 4)

- Aparatos

El ensayo se llevará a cabo empleando una prensa o máquina estándar de ensayo a compresión, la máquina estará calibrada y se verificará anualmente. (ANEXO 5)

- Régimen operatorio

El tiempo transcurrido entre la extracción de la probeta del cuarto o tanque de curado hasta que es ensayada será tan corto como sea posible y nunca más de 3 h. Durante el tiempo en que la probeta está fuera del cuarto o tanque de curado, se protegerá del secado, por ejemplo, cubriéndola con un paño mojado. Las superficies de los platos de la máquina de ensayo se limpiarán y se removerá cualquier material extraño sobre las mismas. No utilice ningún tipo de relleno, al no ser las planchas auxiliares o bloques de espaciamento entre la probeta y los platos de la máquina de ensayo.

La carga se aplicará sin saltos bruscos y se incrementará continuamente a una velocidad constante hasta que no pueda ser sostenida una carga mayor. Seleccione una velocidad de aplicación de los esfuerzos no menor de 0,15 MPa/s y no mayor que 1,0 MPa/s. Cuando se emplean máquinas con control manual, cualquier

tendencia a decrecer la velocidad de aplicación de la carga seleccionada en la medida en que la probeta se aproxima a la falla, se corregirá por el ajuste apropiado de los mandos. Cuando se emplea el control automatizado, la velocidad de aplicación de la carga en todo el tiempo que la probeta está ensayándose, se chequeará que se mantenga constante.

La carga máxima indicada se registrará.

- Resultados del ensayo

La Resistencia a Compresión se da por la ecuación:

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

ec 2.5

Donde:

f c. Resistencia a compresión expresada en (MPa).

F. Carga Máxima, expresada en (N).

A_c. Área de la sección transversal de la probeta sobre la cual actúa la fuerza a compresión, expresada en (mm²). (NC-724, 2015)

2.4 Principales equipos utilizados en el laboratorio

Estos ensayos fueron realizados en el laboratorio de la ENIA (Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas) en el municipio de Matanzas, debido a que la planta de baldosas de Juan Gualberto Gómez no cuenta con un laboratorio para la realización de los ensayos de calidad. En la tabla 2.1 se muestran todos los equipos utilizados para la realización de los ensayos descritos en el capítulo 2.

Tabla 2.1. Principales equipos y características en el laboratorio.

Equipo	Marca	Rango Medición	Clase de Exactitud	País
Balanza	LFW	0-15000g	0.3g	Polonia
Pie de Rey	MITUTOYO	0-200mm	0.05mm	Japón

Cinta de Medición	WYNN'S	0-3m	---	Alemania
Cortadora de testigos	---	---	---	España
Compresora de probetas	---	0-2000kN	1.5 kN	Rusia
Estufa	SACURA	---	---	Japón
Prensa Hidráulica	CONTROLS	0-150 kN	0.6kN	Italia

Fuente: Elaboración propia.

2.5 Método evaluación del aditivo DISTIN 204

El aditivo se incorporará de acuerdo a lo postulado por Téllez y Salgado (1988), planteando estos que se debe disolver en parte del agua de la amasada antes de ser añadido a esta. Después, se les vierte a los áridos y al cemento parte del agua sin el aditivo, para luego adicionarle al agua contenedora del aditivo, y finalmente, si la mezcla no queda totalmente homogénea, se le puede añadir más agua, hasta lograr la homogeneidad.

Además, es importante realizar una muestra patrón para cada día de fundición ya que la humedad de los áridos puede cambiar de un día a otro, al igual que la dureza del granito, y estas variables podrían variar en mayor o en menor magnitud los resultados obtenidos, por lo tanto, cada muestra se comparará con la muestra patrón de ese día de fundición.

NOTA: En esta evaluación utilizaremos la dosificación de 0.6% de aditivo en las mezclas, que, de acuerdo con los resultados obtenidos por Hernández (2016) es la más conveniente.

Los ensayos se llevarán a cabo, en un primer momento, manteniendo las cantidades constantes al añadir el aditivo, luego se reducirán las dosificaciones de agua y cemento, comprobando en cada variante los parámetros de calidad según lo normado, para diferentes edades de fundición (7, 14 y 28 días), y de ellos se destacará la mayor remoción de cemento permisible.

Tabla 2.2. Ensayos con parámetros constantes. Variante 1(V-1).

Variables	P _{T-1}	V-1	V-1	V-1
Dosis (%)	-	0.6	0,6	0.6
Cantidad de cemento (kg)	102	102	102	102
Cantidad de agua (L)	56	56	56	56
Relación agua/cemento	0.55	0.55	0.55	0.55

Fuente: Elaboración propia.

La importancia de los ensayos preliminares radica en que nos permite conocer la medida en la cual mejora el aditivo y las propiedades físico-mecánicas del hormigón entre otras propiedades.

Tabla 2.3. Ensayos con reducción de agua. Variante 2 (V-2)

Variables	P _{T-2}	V-2	V-2	V-2
Dosis (%)	-	0.6	0,6	0.6
Cantidad de cemento (kg)	102	102	102	102
Cantidad de agua (L)	47.6	47.6	47.6	47.6
Relación agua/cemento	0.45	0.45	0.45	0.45

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.4. Ensayos con reducción de cemento. Variante 3 (V-3)

Variables	P _{T-3}	V-3	V-3	V-3
Dosis (%)	-	0.6	0,6	0.6
Cantidad de cemento (kg)	83.4	83.4	83.4	83.4
Cantidad de agua (L)	46	46	46	46

Fuente: Elaboración propia.

2.6 Diagrama del Proceso

El Proceso de producción que se desarrolla en esta fábrica responde a una tecnología criolla semi-artesanal, con una capacidad e producción de 90m² (360 baldosas) de pavimento por día. Este proceso es asistido por especialistas, operarios y ayudantes que ocupan puestos definidos y la capacitación requerida para el desarrollo de sus funciones.

Los insumos o materias primas fundamentales son: cemento gris P-350, procedente de la fábrica “Carlos Marx” en la provincia de Cienfuegos, aunque en ocasiones se compra a Mariel o Artemisa; Granito con una granulometría tamiz 200 procedente de la cantera “Antonio Maceo”; Arena procedente de la cantera “Planta Libertad” en Caoba.

2.6.1 Flujo productivo

Se vierten en una hormigonera los materiales dosificados para una capacidad de 0.23m³ de mezcla, que una vez homogénea se traslada a los moldes de fundición, previamente acondicionados, para cubrir 9m² (36 losas) de piso, promediando 10 templas por día. Luego de 24h como mínimo, se desmoldan y trasladan a la zona de curado en la cual permanecen un tiempo de 96h antes de ser llevadas a la zona de desbaste grano 24 o 30 que brinda un acabado uniforme dejando a la vista el granito en toda intensidad. Con el producto terminado, se pasa a su clasificación de acuerdo a la defectuosidad que presenten los ejemplares. Finalmente se almacenan bajo techo, dispuestos cara con cara sobre listones de madera, evitando ralladuras para su posterior comercio con el registro de declaración de conformidad del proveedor. (ANEXO 6)

Materiales utilizados en el flujo productivo

1. Materias primas Granito 60m³, Arena 24m³, Cemento 38t
2. Dosificación y mezclado, capacidad 0.23m³ (ANEXO 7)
3. Preparación de los moldes, para 90m²/día (ANEXO 7)
4. Fundición 360 baldosas/día
5. Desmolde 24h
6. Curado 96h
7. Desbaste grano 24 o 30 (ANEXO 7)
8. Clasificación

9. Almacenamiento de producto terminado
10. Clasificación según registro R1-CER-PE02
11. Producto terminado

2.7 Conclusiones parciales del capítulo.

1. En el capítulo se describe el proceso de obtención del aditivo DISTIN-204 a escala de laboratorio, así como los utensilios, cristalería utilizada y algunos métodos de ensayos que se le aplican a este producto químico.
2. Se describe la metodología empleada en la investigación.
3. Se realiza la caracterización físico - mecánica de las baldosas de terrazo según los ensayos descritos en las normas de este producto.
4. Se explica el flujo productivo en sus diferentes etapas hasta llegar al producto terminado.

Capítulo 3. Análisis de los resultados

El presente capítulo va referido al análisis y valoración de los resultados obtenidos partiendo de los ensayos anteriormente descritos en el capítulo 2. El cómo mejora, la calidad del material evaluado, el aditivo, la reducción de agua y cemento que pudo alcanzarse entre otras. Con esta información se procede a realizar un análisis costo-beneficio que determine la valía del aditivo, económicamente ablando, para su inserción en la planta objeto de estudio.

3.1 Resultados de la caracterización del aditivo DISTIN 204

La caracterización de este aditivo se realiza en los laboratorios de Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas y no se compara con ningún otro aditivo debido a que no existe, en la planta objeto de estudio, ningún aditivo por el cual ejercer una comparación.

Tabla 3.1 Caracterización del Aditivo DISTIN 204.

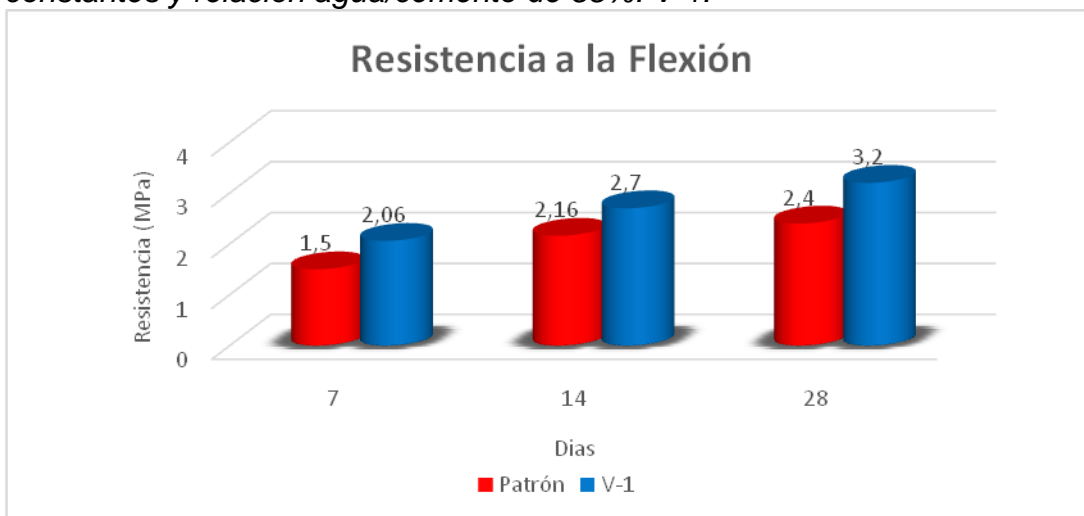
Aspectos	Resultado
% Sólidos	36.54
Densidad	1.18
pH	13
Color	Ámbar
Olor	Penetrante

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Análisis de los resultados de la resistencia a la flexión

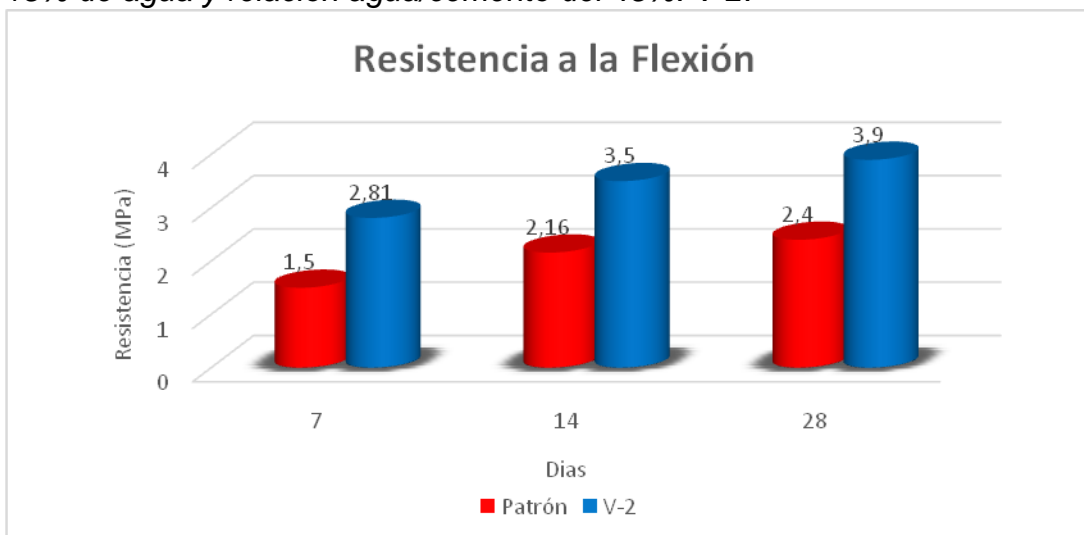
Se expondrán en gráficos los resultados de la resistencia a la flexión del modelo patrón en comparación con las variantes planteadas en el segundo capítulo y su correspondiente análisis.

Gráfico 3.1. Resultados de la resistencia media a la flexión con parámetros constantes y relación agua/cemento de 55%. V-1.



Los resultados de este gráfico muestran un ligero aumento en la resistencia de esta variante en comparación con la muestra patrón, aunque ambas comienzan por debajo de lo fijado en la norma NC: 237-2009 la medición de la variante a 28 días alcanza la resistencia deseada. Estos resultados pueden ser provocados en parte por la humedad de los áridos, que a su vez daña la relación agua/cemento utilizada, y un desequilibrio en esta influye significativamente en las propiedades de la baldosa.

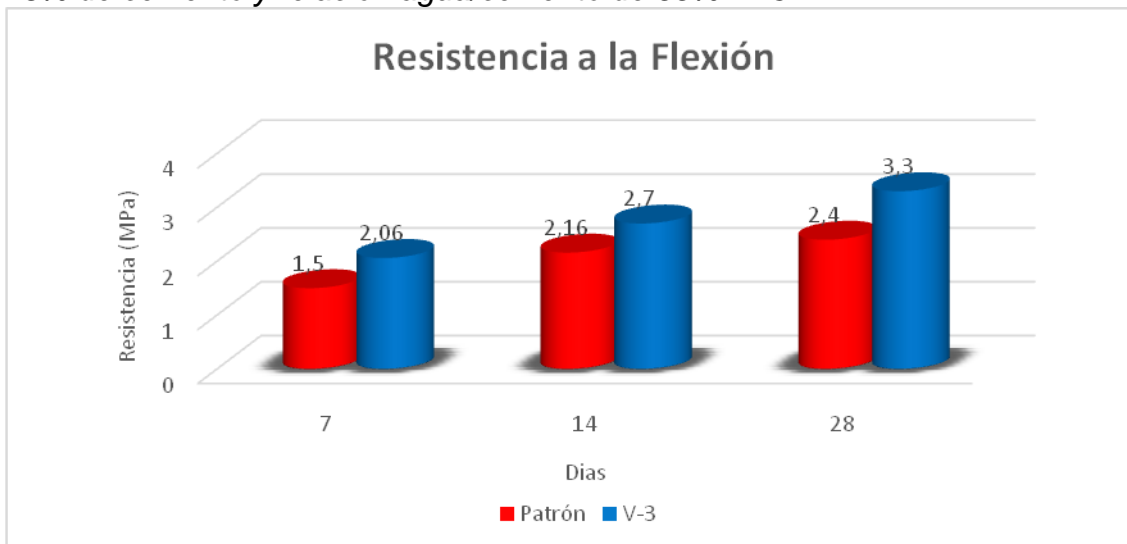
Gráfico 3.2. Resultados de la resistencia media a la flexión con reducción de un 15% de agua y relación agua/cemento del 45%. V-2.



En estos resultados puede observarse que al añadir el aditivo las baldosas reflejan una mayor resistencia a edades de 7 días, lo que demuestra la efectividad del agregado. Además, se realizan comparaciones a los 14 y 28 días, edad en la que se considera que la mezcla ha alcanzado el máximo de resistencia, donde se comprueba que las muestras a medida que aumenta la edad logran un incremento de la

resistencia, destacando que la muestra patrón no cumple con la norma pertinente al ensayo, la cual establece que para un uso normal la resistencia a flexión a los 28 días debe estar entre de 2,8 y 3.5 MPa. Variante 2

Gráfico 3.3. Resultados de la resistencia media a la flexión con reducción de un 18% de cemento y relación agua/cemento de 55%. V-3.



Esta variante, aunque a la edad de 7 días muestra una resistencia inferior a la normada, sobrepasa la resistencia del modelo patrón, y al evaluar a 14 y 28 días se puede apreciar que alcanza los valores deseados; difiriendo del modelo de referencia que presenta valores subnormados.

3.3 Análisis de los resultados de la adsorción de agua

Estos ensayos también fueron realizados en el laboratorio de la ENIA en Matanzas, provincia Matanzas. Ver tabla 3.2.

Tabla 3.1. Adsorción de agua.

Muestra	Adsorción (% en masa)
Patrón	18.6
Variante 1	12
Variante 2	13.4
Variante 3	13.4

Fuente: Elaboración propia.

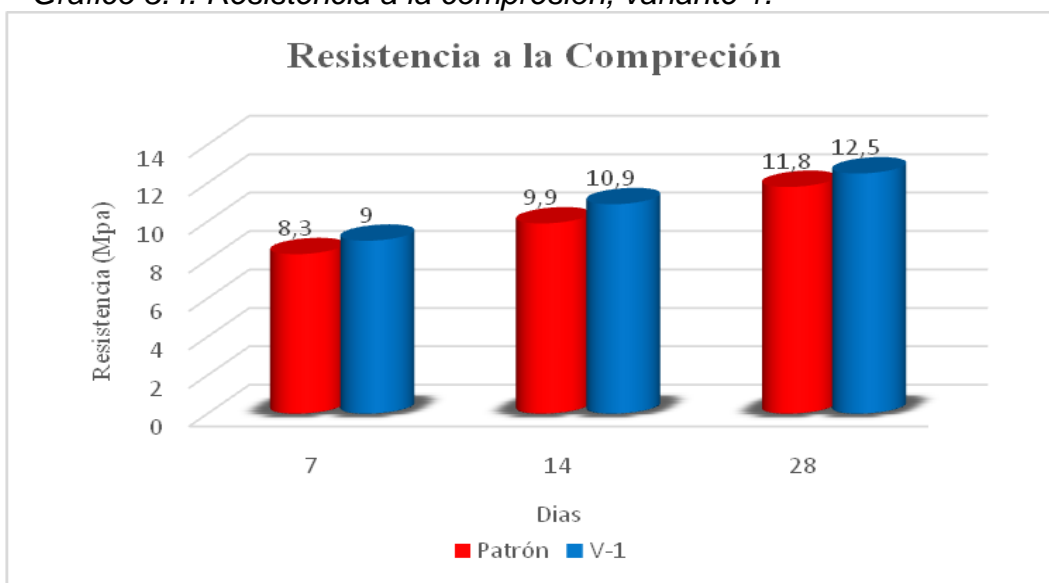
Ninguno de estos resultados de adsorción media, cumplen con lo establecido en la norma (NC: 237,2009) que como se plantea en el capítulo 2, no deben exceder el 8 % en masa. Una de las causas de este fenómeno, podría ser la humedad que contienen los áridos, ya que no son almacenados en condiciones apropiadas, o la propia adsorción de los áridos; aunque es de apreciar que el modelo patrón presenta una adsorción superior a los modelos experimentales.

3.4 Análisis de los resultados de la resistencia a la compresión

Estos ensayos fueron realizados en el laboratorio de la ENIA ubicado en Matanzas. Fueron realizados por un especialista.

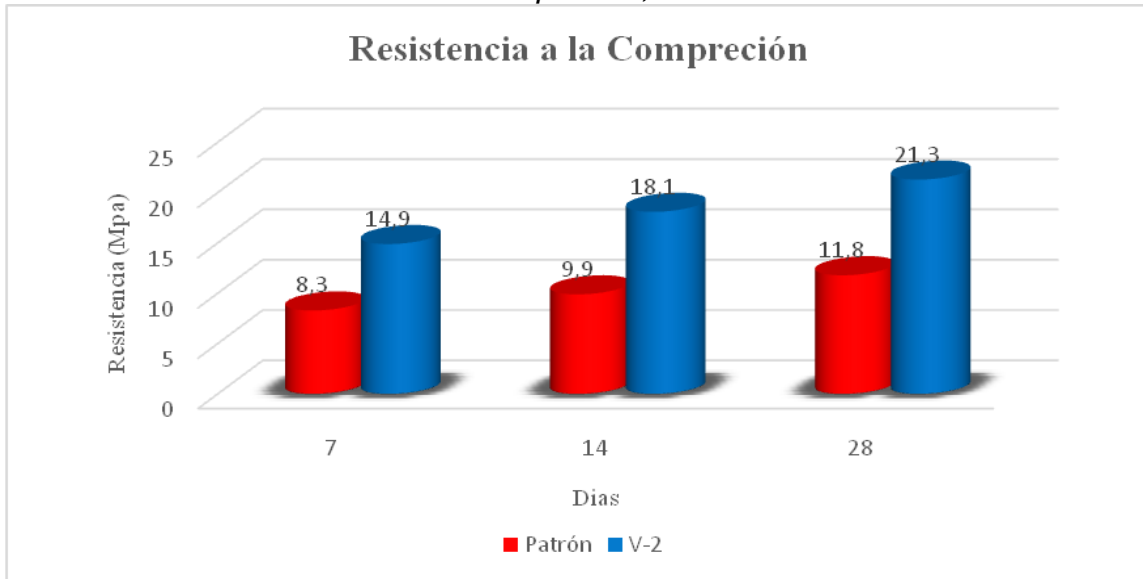
En los siguientes gráficos se exponen los valores obtenidos en los ensayos realizados, se ofrece una valoración de las comparaciones ente los modelos patrón y los modelos inoculados con el aditivo DISTIN 204.

Gráfico 3.4. Resistencia a la compresión, variante 1.



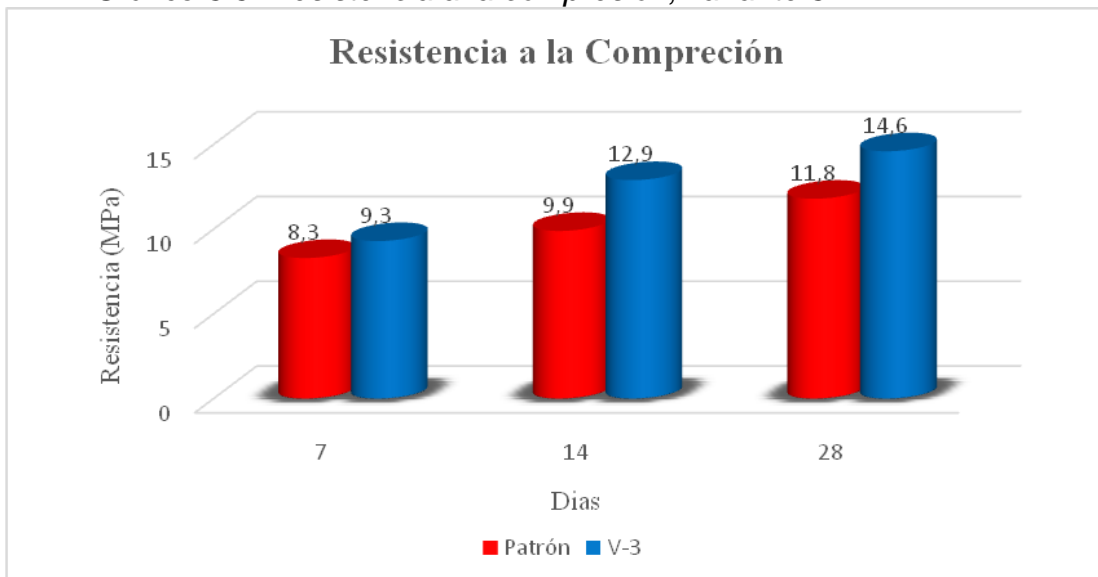
Los resultados arrojados por esta variante muestran un ligero aumento en la resistencia de los modelos en los cuales está presente el aditivo analizado respecto al modelo patrón.

Gráfico 3.5. Resistencia a la compresión, variante 2.



En esta variante es apreciable la diferencia existente entre los modelos analizados. Dado que en esta muestra se redujo un 15% de agua, la relación agua/cemento llega a un punto medio entre los límites especificados en el primer capítulo (0.3-0.6) y al mantener invariable el cemento y añadir el aditivo en presencia del agua necesaria provoca este incremento significativo en cuanto a la resistencia para el periodo de tiempo especificado.

Gráfico 3.6. Resistencia a la compresión, variante 3.



La tercera variante muestra una reducción de cemento de 18% manteniendo una relación agua/cemento del 55% similar a la primera variante, además, se comprueba que el aditivo logra una reducción de cemento, sin afectar la resistencia, e incluso se aumenta la misma a medida que se incrementa el tiempo de fundición.

3.5 Valoración económica

La valoración económica va dirigida a la tercera variante en la cual se puede determinar las utilidades o pérdidas que pudiera provocar el aditivo al ser incorporado al proceso respecto al ahorro de cemento provocado por el mismo, para ello es necesario conocer los precios de la materia prima utilizada.

Tabla 3.2. Costo de la materia prima.

Materiales	Precio
Arena	24.57 (\$/ton)
Granito	22.73 (\$/ton)
Cemento	163.89 (\$/ton)
Aditivo DISTIN 204	1.09 (\$/L)

Fuente: MICONS, UMCC,2016

A continuación, se muestra el consumo de cemento en la producción anual de baldosas de terrazo para la fábrica en cuestión.

Tabla 3.3. Índices de Consumo para la fábrica de baldosas.

Producción de baldosas/año	Consumo de cemento
25 920 m ²	293 760 kg (≈29.4 ton)
103 680 baldosas	293 760 kg (≈29.4 ton)
36 baldosas	102 kg
1 baldosa	2.8 kg

Fuente: MICONS, 2016

Tabla 3.4. Índices de consumo para la fábrica productora de cemento de Cienfuegos: "Carlos Marx"

Prod. de cemento (ton)	Consumo de materias primas
1	150 kg de crudo
1	124,8 kW

Fuente: MINBAS, 2009

Tabla 3.5. Economía anual de la fábrica sin la incorporación del aditivo.

Costo \$/2592 m ²	
Costo de producción	792 374.4
Valor de la producción	881 020.8
Ganancia	88 646.4

Fuente: MICONs, 2016

Con estos datos se procede a realizar los cálculos del ahorro de cemento, y los costos de producción con el empleo del aditivo.

3.5.1 Determinación de ahorro de cemento

Como fue planteado anteriormente, para producir una baldosa de terrazo de 50x50cm se necesita 2.8 kg de cemento. Contando con la efectividad del aditivo y el ahorro de cemento del 18% representado en la variante 3 que cumple con los parámetros establecidos y sobrepasando al modelo patrón, se pasa a determinar el ahorro de cemento alcanzado.

$$2.8 \text{ kg} - 2.8 \text{ kg} \cdot 0.18 = 2.3 \text{ kg}$$

El nuevo consumo de cemento por unidad producida será de 2.3 kg; que para producir 103 680 baldosas al año serían 238 464 kg (\approx 238 ton) de cemento.

Con esta variante se puede reducir el consumo anual de cemento en 55 296 kg (\approx 55.3 ton) representando alrededor del 19 % del total consumido.

3.5.2 Valoración económica con la inclusión del aditivo

El costo de producción se verá afectado directamente por el valor que representa la cantidad de cemento ahorrado y el valor de la inclusión del aditivo.

La cantidad de aditivo a utilizar para la cantidad de cemento consumido en el año se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Aditivo (L)} = (\text{kg C} * \text{D ad}) / (\rho \text{ ad} * \% \text{St ad})$$

Donde:

Kg C – kilogramos de cemento

D ad – dosis de aditivo

ρ ad – densidad del aditivo

St ad – solidos totales

Tabla 3.6 Comparación económica de la producción de baldosas con aditivo y sin aditivo, por año de producción.

Parámetros	Sin aditivo	Con aditivo DISTIN 204
Consumo de cemento (kg)	293 760	238 464.0
Ahorro de cemento (kg)	-----	55 296
Valor del ahorro de cemento (\$)	-----	9 063.1
Consumo de aditivo (L)	-----	3 318.4
Costo del aditivo (\$)	-----	3 617.0
Costo de producción (\$)	792 374.4	786 928.3
Disminución del CP (\$)	-----	5 446.1
Ganancia total (\$)	88 646.4	94 092.5

La tabla anterior expone los resultados del balance económico reflejando que la ganancia se incrementa en 1.1% y el costo de producción disminuye en un 0.7%. Estos porcentajes nos dicen que incluyendo el aditivo en el proceso productivo de la planta se mantiene e incluso se incrementa la ganancia, además de los atributos que le aporta al producto ensayado.

Tabla 3.7. Efecto del ahorro de cemento con el Aditivo DISTIN 204 con respecto a la fábrica productora de cemento de Cienfuegos: "Carlos Marx".

Ahorro de cemento con el Aditivo DISTIN 204	Ahorro de combustible o en energía
55.3 ton	8 295 kg de petróleo crudo
	6 901.44 kW

La tabla 3.7 nos brinda la información numérica del ahorro de combustible y en energía de la fábrica de cemento Portland de Cienfuegos. También, analizando los resultados de la tabla, desde el punto de vista medioambiental y de producción más limpia, estos ahorros de materiales tienen un efecto positivo con relación al medio ambiente, porque sin afectar los costos de producción de la fábrica de baldosas, se dejarían de combustionar 8 295 kg de combustible para la fabricación de cemento, lo que trae consigo una disminución de los gases de efecto invernadero como son: el CO, CO₂, SO₂, CH₄, entre otros gases producto de la combustión de hidrocarburos.

Conclusiones

1. Con el uso del aditivo DISTIN 204 de producción nacional se logra mejorar las propiedades físico-mecánicas de las baldosas de terrazo monocapa producidas en la fábrica “UEB Elementos de piso” del municipio Unión de Reyes. Lográndose una resistencia media a la compresión y flexión de 21.3 y 3.9 MPa los 28 días respectivamente con una dosis de 0.6% de aditivo, cumpliendo con lo normado.
2. Se logra obtener el aditivo DISTIN 204 a escala de laboratorio presentando las características siguientes: un pH de 13, un porcentaje de sólidos de 36,54 y una densidad de 1,18 g/cm³ similar a productos de este tipo que son importados.
3. Al emplear el aditivo DISTIN 204 en fábrica “UEB Elementos de piso” del municipio Unión de Reyes se alcanza un ahorro de cemento de 55.3 toneladas de acuerdo a la variante 3 de los experimentos.
4. El análisis económico arroja un incremento en las ganancias de la fábrica en 1.1% al reducir el costo de producción a 0.7% una vez utilizado el aditivo DISTIN 204.
5. La realización del ensayo de absorción demuestra que las baldosas de las muestras con aditivo presentan un menor porcentaje de absorción con respecto a la mezcla patrón.

Recomendaciones

1. Diseñar una planta para la producción del aditivo DISTIN 204 en el país con el objetivo de bajar los costos de adquisición del mismo y posibilite la fabricación de baldosas de terrazo a gran escala en el país.
2. Profundizar en el análisis y estudio de la relación agua/cemento utilizada en la fábrica ya que perjudica las propiedades físico-mecánicas de este tipo de baldosas.
3. Solicitar DITEC del DISTIN 204 al Centro de Investigación de Materiales de la Construcción para su aplicación en la producción de baldosas de terrazo monocapa.

Bibliografía

1. Cánoves Valiente J., (2012). Evolución de la resistencia del hormigón de obra. Métodos de predicción a partir de los ensayos de control de la conformidad del hormigón, Universidad Politécnica de Valencia.
2. Carrasco, F., (2012). Tecnología del Hormigón. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Santa Fe.
3. Dimitrienko, Y., (2011). Nonlinear continuum mechanics and large inelastic deformations. Alemania.
4. Hernández, L., (2016). Evaluación del aditivo DISTIN 204 de producción nacional en la planta de baldosas del municipio Limonar en Matanzas.
5. Jiménez R., (2008). Terrazo. Consultado: 15 marzo 2017. [Disponible en: <http://www.arqhys.com/construccion/terrazo.html>]
6. Lozano C.M., et al (2003). Manual Técnico Tecnopavimento.
7. Martínez A., Ballester L. (2011). Pavimentos prefabricados de hormigón. Escuela técnica superior de ingeniería de edificación.
8. NC 237:2009. Baldosas Hidráulicas de Terrazo.
9. NC 271-1:2003. Aditivos Químicos, para Pastas, Morteros y Hormigones. Parte 1. Determinación de Sólidos Totales.
10. NC 271-3: 2003. Aditivos Químicos, para Pastas, Morteros y Hormigones. Parte 3 Determinación de Cloruros.
11. NC 271-4:2003. Aditivos Químicos, para Pastas, Morteros y Hormigones. Parte 4 Determinación de pH.
12. NC 271-5: 2003. Aditivos Químicos, para Pastas, Morteros y Hormigones. Parte 5 Determinación de Ceniza.
13. NC 271-6: 2003. Aditivos Químicos, para Pastas, Morteros y Hormigones. Parte 6 Determinación de Sustancias insolubles.
14. NC 271-7: 2003. Aditivos Químicos, para Pastas, Morteros y Hormigones. Parte 7 Determinación de alcalinidad.
15. NC 272-2:2003. Aditivos Químicos, para Pastas, Morteros y Hormigones. Parte 2. Determinación de la Densidad.
16. NC 228-1: 2005. Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Parte 1: aditivos para hormigón.

17. NC 724: 2015. Ensayos del hormigón — Resistencia del hormigón en estado endurecido.
18. Norma Norteamericana ASTM C-494: Specifications for chemical admixtures for concrete.
19. Olcina Santos, (2014). Evolución de los aditivos en hormigón. Presente y futuro.
20. Ortiz J.A., (2005). Estudio experimental sobre la influencia de la temperatura ambiental en la resistencia del hormigón preparado.
21. Rodríguez D., (2014). Influencia del aditivo DISTIN 204 en las propiedades físico-mecánicas de los bloques de hormigón. Trabajo de Diploma.
22. Ruiz, E., (2009). "Aditivos del Hormigón". Consultado en marzo 28, 2017 disponible en: http://www.asocem.org.pe/scmroot/bva/f_doc/hormigon/aditivos/MGC19_a_ditivos_hormigon.pdf.
23. Téllez, E., Salgado, N., (1989). Métodos de ensayos para evaluar aditivos. Curso de Postgrado.
24. Téllez, et al, (1998). Materiales – Construcción. La Habana, Publicación trimestral.
25. The National Terrazzo & Mosaic Association. (2008). «History of terrazzo, the spectrum of elegance» Consultado: 22 febrero 2017. [Disponible en: <http://www.dodocraft.com/articles/terrazzo-history.html>]
26. Whiting, D., and Dziedzic, W., (1992). Effects of Conventional and High-Range.

Anexos

Anexo 1: DISTIN 204



Anexo 2: Cortadora de testigos para resistencia a la flexión



Anexo 3: Máquina de resistencia a la flexión



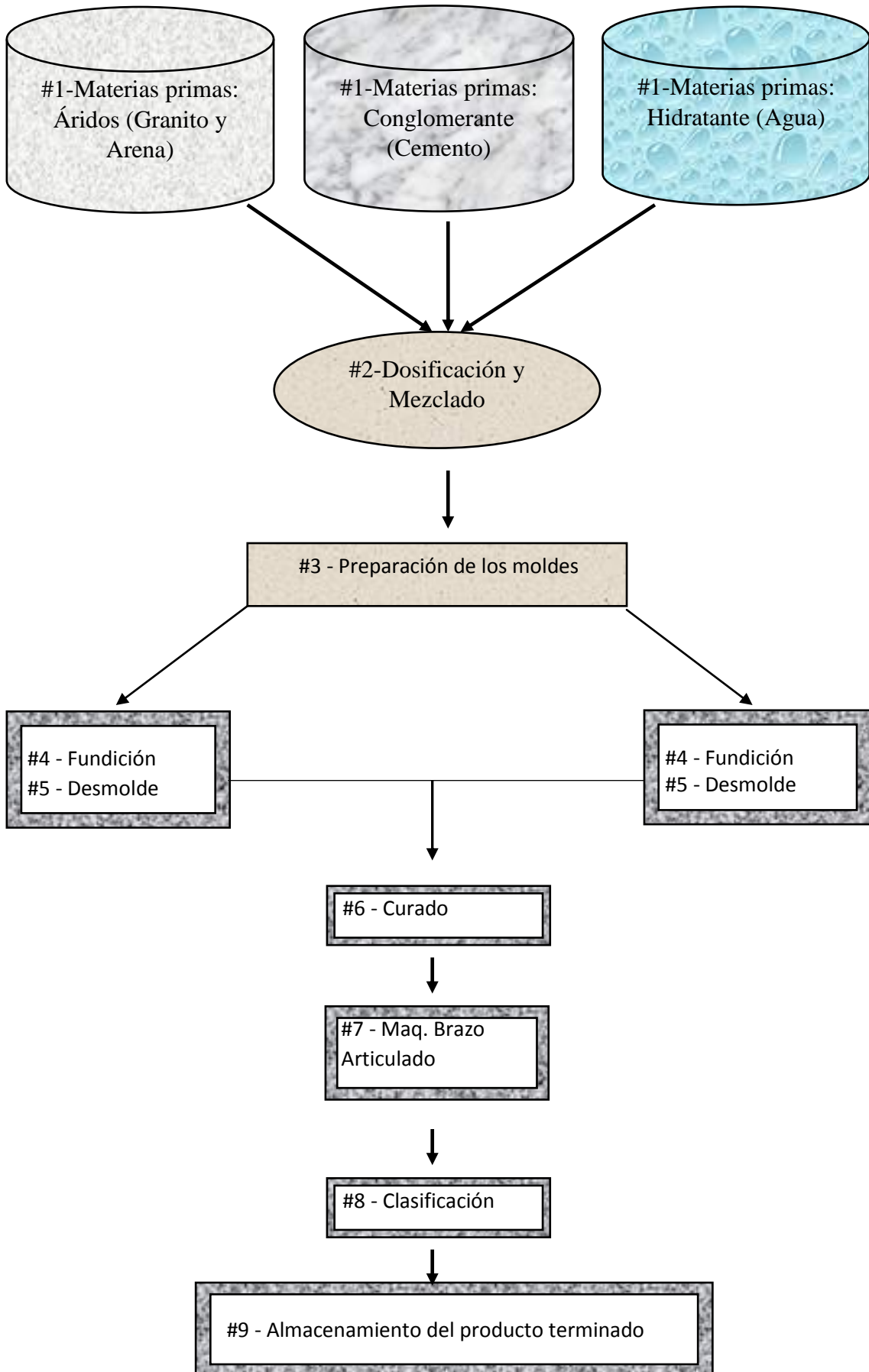
ANEXO 4: Moldes y probetas de ensayo a compresión



ANEXO 5: Máquina de resistencia a compresión



Anexo 6: Esquema de flujo productivo



Anexo 7: Equipamiento de la Fábrica

Concretetera



Brazo articulado (Pulidora)



Moldes

