

**PERCEPCIÓN DE LOS FACTORES INFLUYENTES EN LA CALIDAD DEL
CONCRETO EN BARRANQUILLA, COLOMBIA**

**TANIA CONRADO VARGAS
AYLIN VANESSA SAN JOSE CASTILLO**

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
BARRANQUILLA
2016**

**PERCEPCIÓN DE LOS FACTORES INFLUYENTES EN LA CALIDAD DEL
CONCRETO EN BARRANQUILLA, COLOMBIA**

**TANIA CONRADO VARGAS
AYLIN VANESSA SAN JOSE CASTILLO**

TRABAJO DE GRADO PARA OPTENER TITULO DE INGENIERO CIVIL

**Director
YOLEIMY AVILA PEREIRA
MAURICIO OROZCO FONTALVO
Ingenieros Civiles**

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
BARRANQUILLA
2016**

NOTA DE ACEPTACION

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la universidad de la costa CUC para optar el título de Ingeniero civil

Jurado 1

Jurado 2

Barranquilla, Octubre del 2016.

Dedicamos este trabajo a...

A nuestro Señor Jesucristo, quien nos dio la fe, la esperanza, la salud y la fortaleza para no darnos por vencidas y lograr terminar este trabajo.

A nuestros padres, Edelmides Conrado y Rosiris Vargas; Roberth San José y Leivis Castillo, quienes con sus palabras y actos nos enseñaron desde pequeñas a trabajar con esfuerzo, constancia y amor para alcanzar nuestras metas. Este triunfo es el de ustedes, ¡los amamos!

A nuestros hermanos (as) quienes nos motivaron para que pudiéramos culminar este trabajo y hacer finalmente nuestro sueño realidad y,

A todos aquellos que hicieron parte de este largo pero valioso camino que hemos recorrido buscando más que tan sólo un objetivo... un sueño, ser Ingenieras Civiles. Gracias, muchas gracias!!

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso, quien nos ha guiado en todos nuestros pasos y poder estar hoy en donde estamos.

A nuestro tutor académico, Ing. Mauricio Orozco F., quien nos brindó su incondicional colaboración, mostrando interés y apoyo. Para él nuestra expresión de respeto.

A nuestra tutora académica, Ing. Yoleimy Ávila P., por su guía y asesoramiento en la metodología de esta investigación.

A la ilustre Universidad de la Costa CUC, por ser nuestra casa de estudios profesionales.

A todas aquellas personas que de alguna manera participaron en la realización de esta investigación. A todos ustedes, muchísimas gracias.

CONTENIDO

RESUMEN.....	13
INTRODUCCION.....	14
OBJETIVOS	17
OBJETIVO GENERAL.....	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1. MARCO REFERENCIAL.....	18
1.1 ANTECEDENTES	18
1.2 MARCO LEGAL.....	20
1.3 MARCO CONCEPTUAL	20
1.3.1 Concreto (Concrete)	20
1.3.3 Métodos de las 5M.....	21
1.3.3.1 Mano de obra	22
1.3.3.2 Maquinaria.....	22
1.3.3.3 Materiales	23
1.3.3.4 Métodos	23
1.3.3.5 Medio ambiente	24
1.3.4 Calidad	24
1.3.4 Control de calidad del concreto.....	24
1.3.6 Control del almacenamiento de materiales	25
1.3.7 Mezclado del concreto.....	25
1.3.8 Transporte del concreto.	27
1.3.9 Colocación del concreto.	28
1.3.10 Recomendaciones para vibrado del concreto.	29
1.3.11 Curado del concreto.	30
1.3.11.1 Recomendaciones para curado del concreto.....	31
1.3.11.2 Sistemas para mantener húmedo el concreto:	31
1.3.11.3 Materiales para retener la humedad:.....	32
1.3.12 Clima frío	33
1.3.13 Clima cálido.....	34

1.3.14 Método Jerárquico (AHP)	35
1.3.15 Prueba de Kruskal- Wallis.....	35
1.3.16 Graficas de Caja y Bigote	36
1.3.16.1 Elementos de los diagramas de caja.....	36
1.3.16.2 Construcción de una gráfica de caja y bigote.	36
1.4 AREA DE ESTUDIO	38
1.4.1 Geografía.....	38
1.4.2 Límites del municipio:	39
1.4.3 Extensión total: 154 Km ²	39
1.4.4 Clima	40
1.4.5 Temperatura.....	42
1.4.6 Humedad relativa	43
1.4.8 Economía.....	45
1.4.9 Vías de comunicaciones	46
1.4.9.1 Vías aéreas:.....	46
1.4.9.2 Vías terrestres:	46
1.4.9.3 Vías fluviales:.....	46
2. METODOLOGIA.....	47
2.1 Primera Etapa: Elaboración y validación de La Encuesta	47
2.2 Segunda Etapa: Aplicación de la encuesta	47
2.3 Tercera Etapa: Análisis Estadístico	47
3. RESULTADOS Y DISCUSION.....	49
3.1 Influencia de los años de experiencia en la percepción de los sub-factores.	59
3.2 Influencia del grado académico en la percepción de los sub-factores.....	64
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
REFERENCIAS	71
5. ANEXOS	75
5.1 Formato de la encuesta	75
5.2 Factores y Sub-Factores, mediante el método de las 5M.....	78

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Periodo mínimo de curado para alcanzar el 50% de la Resistencia especificada. Fuente National Ready Mixed Concrete Association. Hormigón. El Concreto en la Práctica. ¿Qué, Por qué y cómo?	31
Tabla 2. Promedios multianuales de los principales parámetros meteorológicos sobre la ciudad de Barranquilla.....	41
Tabla 3. Velocidad media del viento en Barranquilla.	44
Tabla 4 . Matriz de comparaciones pareadas, global. Fuente propia.....	49
Tabla 5. Matriz de comparaciones pareadas normalizada, global. Fuente propia	50
Tabla 6. Matriz de comparaciones pareadas, de acuerdo a la formación académica baja- media. Fuente propia	52
Tabla 7. Matriz de comparaciones pareadas normalizada, de acuerdo a la formación académica baja-media. Fuente propia	52
Tabla 8. Matriz de comparaciones pareadas, de acuerdo al grado de formación académica alto. Fuente propia.....	53
Tabla 9. Matriz de comparaciones pareadas normalizada, de acuerdo al grado de formación académica alto. Fuente propia	54
Tabla 10. Matriz de comparaciones pareadas, de acuerdo a la percepción de menor experiencia. Fuente propia	55
Tabla 11. Matriz de comparaciones pareadas normalizada, de acuerdo a la percepción de menor experiencia. Fuente propia	55
Tabla 12. Matriz de comparaciones pareadas, de acuerdo a la percepción de mayor experiencia. Fuente propia.....	56
Tabla 13. Matriz de comparaciones pareadas normalizada, de acuerdo a la percepción de mayor experiencia. Fuente propia	56
Tabla 14. Ranking de los sub-factores de la mano de obra. Fuente propia.....	57
Tabla 15. Ranking de los sub-factores de la maquinaria. Fuente propia	58
Tabla 16. Ranking de los sub-factores de los materiales. Fuente propia.....	58

Tabla 17. Ranking de los sub-factores de los métodos de construcción. Fuente propia.....	58
Tabla 18. Ranking de los sub-factores del medio ambiente. Fuente propia.....	59
Tabla 19. Prueba Kruskal – Wallis del sub-factor experiencia específica. Fuente propia.....	59
Tabla 20. Prueba Kruskal – Wallis del sub-factor Iluminación en la zona de trabajo. Fuente propia.....	60
Tabla 21. Prueba Kruskal – Wallis del sub-factor Iluminación en la zona de trabajo. Fuente propia.....	60
Tabla 22. Prueba Kruskal – Wallis del sub-factor Supervisión Técnica. Fuente propia.....	61
Tabla 23. Prueba Kruskal – Wallis del sub-factor Temperatura al momento de fundir. Fuente propia.....	61
Tabla 24. Percepción de los sub-factores de acuerdo a los años de experiencia. Fuente propia.....	63
Tabla 25. Prueba Kruskal – Wallis del sub-factor experiencia específica. Fuente propia.....	64
Tabla 26. Prueba Kruskal – Wallis del sub-factor iluminación de la zona de trabajo. Fuente propia.....	64

LISTA DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 1. Mezclado Manual. Fuente mezcla en el sitio, guiasconcreto.mex.tl .26	
Ilustración 2. Mezclado manual. Fuente mezcla en el sitio, guiasconcreto.mex.tl .26	
Ilustración 3. Mezclado mecánico. Fuente Consideraciones en el Mezclado del Concreto, Civilgeeks.com	27
Ilustración 4 Transporte del concreto. Fuente www.amarelasinternet.com.....	29
Ilustración 5. Curado del concreto. Fuente Curado del concreto en obra, CivilGeeks.com	32
Ilustración 6. Ubicación de Barranquilla. Fuente www.inviertaenColombia.com.co	38
Ilustración 7. Mapa de Barranquilla. Fuente mapa turístico de Barranquilla	39
Ilustración 8.Sectorización de Barranquilla. Fuente Alcaldía de Barranquilla	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Grafica de Caja y Bigote. Fuente: estadística para todos	37
Figura 2. Promedio multianual de temperatura, a) Temperatura mínima b) Temperatura promedio c) Temperatura máxima.....	42
Figura 3. Promedio multianual de humedad relativa	43
Figura 4. Velocidad media del viento sobre Barranquilla.	44
Figura 5. Gráfico de caja y bigotes del sub-factor, Temperatura al momento de fundir. Fuente propia	62
Figura 6. : Grafico de caja y bigotes del sub-factor iluminación de la zona de trabajo. Fuente propia	65
Figura 7. Gráfico de caja y bigotes del sub-factor temperatura al momento de fundir. Fuente propia.....	68

RESUMEN

El concreto es el material de construcción más utilizado en el mundo, involucrando en su uso a miles de profesionales de campo, académico y de laboratorio, en su producción, transporte o aplicación, lo cual genera un gran margen de error que puede tener como consecuencia un concreto de baja calidad. Cada profesional controla la calidad del concreto de acuerdo a su experiencia o su conocimiento académico. Con el fin de analizar los factores que los trabajadores del concreto en Barranquilla (Colombia) perciben como los más importantes para obtener un concreto de calidad, se realizaron unas encuestas a expertos de campo con diferentes años de experiencia y académicos, luego se aplicó el método jerárquico para determinar la ponderación de cada factor en la calidad del concreto. Los resultados muestran que el factor más importante para los encuestados es el entorno ambiental, esto puede estar asociado a la posición geográfica de la ciudad, la cual se encuentra en una zona costera.

Palabras Claves: Concreto, calidad del concreto, análisis jerárquico, método de las 5M.

INTRODUCCION

El concreto es el material de construcción más utilizado por el ser humano, (C.Meyer, 2005) y (M & Y, 2014), su producción se ha duplicado desde la década de 1990, pasando de 170 millones de m³/año a más de 330 millones de m³ en 2004, (Mobasher, 2008) y (Jin, Chen, & Soboyejo, 2015), este crecimiento obedece a que es un material económico, su materia prima es abundante y de disponibilidad local; los agregados que lo componen están alrededor del 65% al 75% del volumen total, el agua de un 15% a 18% adicional (Asocreto, 2013), quedando sólo un pequeño porcentaje ocupado por insumos como el cemento Portland, los aditivos químicos (Aïtcin & Eberhardt, 2016) y eventualmente las adiciones minerales (Ramezaniapour, Esmaeili, Ghahari, & Ramezaniapour, 2014). Cada año la producción de concreto consume un aproximado de 10 millones de toneladas de arena y rocas, 1000 millones de toneladas de agua, 1,6 millones de toneladas de cemento y 3 millones de toneladas de materias primas, (Mehta, 2002) y (Jin, Chen, & Soboyejo, 2015);

Para producir un concreto de calidad, con buena textura, resistencia y durabilidad, hay que tener en cuenta las proporciones adecuada de cada uno de los materiales, que varían de acuerdo al tipo de concreto y de la estructura a emplear. En consecuencia a la incertidumbre que se maneja en su elaboración, surge la idea del concreto premezclado como un servicio complejo y de carácter dinámico, elaborado por plantas de alta tecnología, que proporcionan cálculos exactos de cada componente, asegurando la calidad y consistencia del producto, además del ahorro del tiempo de producción, como lo expreso el Ingeniero Deacon en 1872, “el concreto premezclado, preparado especialmente para ser empleado directamente en la obra, sería una gran ventaja para la industria de la construcción”. (Ospino, 2014).

Sin embargo, a pesar de que brinda la seguridad y garantía de su producción en cuanto a sus propiedades mecánicas, esto no garantiza su calidad, puesto que su resultado final, está influenciado por muchos factores como la mano de obra, los materiales, los métodos de construcción, la maquinaria empleada y el medio ambiente, que muchas veces encarecen los proyectos, debido a los costos de reparación, sin mencionar los enormes costos socioeconómicos asociados, como desviaciones, atascos de tráfico, pérdida de tiempo y contaminación, siendo necesario la demolición de estructuras que no alcanzaron ni la mitad de su vida de servicio, (Pierre & Aïtcin, 2000) o simplemente colapsaron, ocasionando pérdidas humanas, como es el caso del edificio de Lian Yak que colapsó por deficiencia estructural y baja calidad de mano de obra, ocasionando la muerte de 33 personas (Universidad De Los Andes, Facultad de Ingeniería, 2014), de igual forma, el edificio de Zumrut en Turquía colapsó por errores de diseño y de construcción debido a

mano de obra no calificada, dejando 92 personas muertas (Kaltakci, Korkmaz, Kamanli, Ozturk, & Arslan, 2013), ocho meses después en esta misma zona en el edificio residencial Altinbasak dos columnas presentaron fallas debido a errores de diseño y construcción, las columnas fueron diseñadas para una resistencia de 140 kg/cm^2 y los resultados de los ensayos arrojaron resistencias de 73 kg/cm^2 (Kaltakci, Arslan, & Korkmaz, An investigation on failed or damaged reinforced concrete structures under their own-weight in Turkey, 2007).

En países como Bangladesh, muchas estructuras se han visto afectadas debido a la mala calidad del concreto, Ishtiaque Ahmed y Zakaria Ahmed estudiaron los factores que deterioraron rápidamente el almacén Char Alexander, determinando mediante investigaciones de campo y ensayos de laboratorio que el concreto utilizado era poroso y de baja resistencia, la arena no cumplía con los límites de clasificación y los agregados eran trozos de ladrillo de pobre calidad con alto contenido de sal y cloro, aparte se evidenció la falta de equipos y mano de obra calificada junto con un control de calidad deficiente (Ahmed & Ahmed, 1996); en este mismo país también, estudiaron los factores que ocasionaron el colapso de dos puentes expuestos a inundación en época de lluvia, en esta investigación se encontró que la falla de la cubierta fue debido al uso de un concreto de baja resistencia, relacionado con el uso de métodos de construcción ineficientes, en combinación con falta de provisión suficiente (Koehn & Ahmmed, 2001). Por otro lado, en Argentina el pavimento urbano en la localidad de Villaguay, sufrió múltiples fisuras ocasionadas por contracción y alabeo que dejaron estas carreteras en completo deterioro (Asocreto, 2013).

Colombia no es ajeno a esta problemática, el caso del colapso de la torre 6 del edificio Space, que dejó 12 personas muertas, fue ocasionado por una serie de factores detonantes, como la falta de capacidad estructural de las columnas, deficiencia en el dimensionamiento de los elementos de acuerdo a las propiedades de los materiales y también se encontró incumplimiento en las resistencias mínimas especificadas para el concreto (Universidad De Los Andes, Facultad de Ingeniería, 2014). Estos casos ponen en evidencia que factores como la mano de obra no calificada, la eficiencia de las técnicas y herramientas utilizadas, así como la hidratación posterior a la fundida y la falta de supervisión técnica en el sitio, acompañado de un medio ambiente agresivo a la hora de fundir (Basheer, Chidiact, & Long, 1996) son las principales causas del deterioro prematuro de una estructura de concreto (Ahmed & Ahmed, 1996).

Según la Federación Interamericana de la Industria de la Construcción (FIIC) el sector de la construcción ha crecido en obras de infraestructura como puentes, carreteras, calles, edificaciones, represas, muelles, canales, etc., (FICEM Federacion Interamericana del Cemento, 2013) aumentando la producción del concreto en un 6,4% con relación al año 2014, alcanzando los $8'503.699 \text{ m}^3$ en el 2015

(Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2016); teniendo en cuenta esto, fue necesario adaptar un enfoque de encuesta por cuestionario con el objetivo de identificar por medio del sistema de análisis estructurado de mejora continua 5M (Díaz, 2012) cuáles son los factores con mayor o menor influencia en la calidad del concreto según la percepción de expertos en el tema.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Identificar los factores con mayor y menor influencia en la calidad del concreto de acuerdo a la percepción de expertos académicos y de campo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar encuestas que suministren la información necesaria respecto a la técnica de mejora continua conocida como “las 5 M” para el apropiado desarrollo de la investigación.
- Comparar las respuestas obtenidas en la encuesta, de acuerdo a la experiencia y formación académica de la percepción de los métodos de construcción, los hábitos y la utilización de controles en la calidad del concreto.
- Analizar estadísticamente la información para ofrecer unas conclusiones objetivas sobre los factores que afectan la calidad del concreto.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 ANTECEDENTES

En Turquía (2004) se realizó un estudio sobre la calidad en la industria del concreto premezclado en 18 plantas de concreto premezclado, mediante la Aplicación de encuesta dirigida a los gerentes, ingenieros y otro personal técnico de las plantas, cuyos resultados fueron evaluados métodos estadísticos. (Kazaz, Ulubeyli, & Turker, 2004). Por otra parte el Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC) en 2007 inició una investigación sobre la calidad del concreto hecho en obra en la zona del Pacífico Central en el Cantón de Garabito para Evaluar aquellas prácticas constructivas que pudiesen afectar la calidad del concreto y establecer programas de mejora en procedimientos o capacitación a profesionales y/o técnicos para mejorar la calidad del concreto en obra. También en Turquía, hicieron un estudio en el que presentaron un sistema basado en la web para el control de calidad de RMC. Los beneficios de este sistema son examinados y se ilustran en función de las etapas de producción y transporte de RMC. Se ha revelado que las principales ventajas de este sistema son el control continuo del producto, ahorrando tiempo y dinero, y mejorando el control de calidad. Esta nueva forma de control de calidad de RMC crea una obra mejor calificada y la oportunidad para que las empresas mejoren sus métodos de negocio. (Omer , Gokhan, Mustafa, & Serkan, 2007).

Así mismo el instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A, C realizo un experimento en la Península de Yucatán en México, cuyo objetivo fue comparar las resistencias a la compresión que se obtienen cuando el concreto es sometido a procesos de curado húmedo y al ambiente durante las diferentes épocas del año. Teniendo como resultado que el concreto que se cura al ambiente alcanza una resistencia muy inferior a la que podría alcanzar si se cura. (Solis , Moreno, & Vázquez-Rojas, 2011). También Alazhari & Shebani en el 2013, evaluaron la calidad del concreto en Libia a partir de 21 proyectos de construcción en todo el país, basados en el criterio de la ACI 214, según los resultados la calidad del concreto vario de muy buena a mala debido a que algunos se vieron afectados por el mar mediterráneo, el clima húmedo y otros por el calor del desierto. Igualmente la Universidad de Nis, realizó una investigación sobre las estructuras de hormigón y su exposición a una variedad de impactos, como puede ser una combinación de la exposición a efectos agresivos, detalles estructurales mal construidos, negligencia de los problemas de durabilidad, errores de construcción y la subestimación de la importancia del mantenimiento puede conducir a un daño grave de hormigón armado que se utiliza para la construcción de estas estructuras. (Zoran & Gordana, 2015).

Teniendo en cuenta que en muchos países los agregados naturales son cada vez más escasos, se han realizados estudios del comportamiento del concreto con materiales alternativos conservando sus propiedades mecánicas y calidad.

Ondova, Stevulova, & Estokova (2012), estudiaron las propiedades mecánicas de flexión, tracción y compresión de las cenizas Volantes en concretos para reducir el consumo de cemento y los beneficios del uso de aditivos mejorando la calidad del concreto, aceleración o retraso del tiempo de fraguado, mejorado las heladas y resistencia a los sulfatos, el control del desarrollo de la fuerza, la mejora de la viabilidad y la capacidad mejorada de acabado. En Suecia se evaluó la calidad de las rocas trituradas para producir agregados para el concreto, se observó que la diferencia entre las rocas trituradas y agregados naturales es la forma del grano, lo agregados triturados presentan una forma irregular y escamosa que para obtener una buena manejabilidad del concreto requiere de más cantidad de cemento sin embargo usando material de relleno de calidad y el uso adecuado de los materiales de carga, reducen la cantidad de cemento y se obtiene un concreto resistente y manejable. (Lagerblad, Gram , & Westerholm, 2014).

Lofy & Al-Fayez (2015) Sustituyeron los agregados vírgenes por agregados de concreto reciclado (RCA), observando que su resistencia a la compresión y flexión eran similar, con una reducción en sus propiedades mecánicas y por ende su durabilidad, para conservar la calidad del concreto se debía sustituir solo hasta un 30% del volumen del agregado grueso y la sustitución granular hasta un 20%. Brand, Roesler, & Salas (2015), también realizaron investigaciones para evaluar el comportamiento del concreto con agregados de concreto reciclado (RCA) para reemplazar áridos vírgenes, encontraron que los primero tienen mayor absorción y esto afecta la resistencia y la trabajabilidad, que fue solucionado con un método de mezclado en dos etapas que aumentaron las propiedades de resistencia y manejabilidad. Por otra parte Arora & Singh (2015) evaluaron el comportamiento por fatiga a la flexión del concreto hecho 100% con agregado grueso reciclado (RCA), lo cual se obtuvieron los valores más bajos del parámetro de forma de vida a la fatiga en comparación con el concreto que contienen agregados vírgenes. Finalmente Jin, Chen, & Soboyejo (2015) realizaron un análisis estadístico de los beneficios del uso de los aditivos químicos para mejorar la calidad del concreto, incluyen la mejora de la durabilidad, fuerza, químicas la resistencia, la coloración, la reducción en el agua y el requisito de cemento y mejoradas propiedades de trabajo de hormigón.

1.2 MARCO LEGAL

En Colombia el código de construcción, que se utiliza para definir un riesgo aceptable para las construcciones y lo que jurídicamente es obligatorio, o como lo definió el profesor Hardy Cross (1985-1959): "es un instrumento para mantener a raya a los pícaros y a los incompetentes" se conoce como el código Colombiano de Construcción Sismo resistente legalizado por el decreto 1400/97, actualmente reemplazado por la NSR-10 (Reglamento de Construcción Sismo Resistente) mediante la ley 400 de 1997, Tomado en los años 70 del código de construcción de California hecha por la ASI (Asociación de Ingeniería Sísmica). (Garcia, 2014)

Sin embargo la ley 400 de 1997 solo cubre edificaciones, lo que originan reglamentaciones para puentes y carreteras expedida por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), que fue actualizada por la AIS y Reemplazo la reglamentación en 1995 basada en las mismas normas de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (INVIAS, 2007)

La American Society for Testing and Materials (ASTM) son las normas técnicas que describen la característica de los materiales y la manera como se fabrican y ensayan, dentro del medio norteamericano, Esta labor la hace en Colombia desde 1963 el Instituto de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) como organismo nacional de normalización de la aplicación de las Normas Técnicas Colombiana NTC. (ICONTEC, 2015)

Así mismo La ACI (American Concrete Institute) fue fundada en 1904 para el desarrollo y distribución de las normas basadas en investigaciones técnicas y educativas para impulsar el diseño, fabricación, construcción y mantenimiento de estructuras de concreto, difundidas a nivel mundial para buscar la mejor utilización del hormigón. Y en 1977 se aprobó una seccional en Colombia con el mismo objetivo. (ACI, 2015)

1.3 MARCO CONCEPTUAL

1.3.1 Concreto (Concrete)

El concreto es la mezcla de cemento, agregados inertes (arena, grava) y agua, la cual se endurece después de cierto tiempo formando una piedra artificial. Los elementos activos del concreto son el agua y el cemento, los cuales producen una reacción química que después de fraguar alcanza un estado de gran solidez, y los elementos inertes, que son la arena y la grava cuya función es formar el esqueleto de la mezcla, ocupan un gran porcentaje del volumen final del producto.

Este material de construcción es el más utilizado por varias razones, pero ante todo porque posee una gran resistencia a la acción del agua sin sufrir un serio deterioro, además de que puede ser moldeado para dar una gran variedad de formas y tamaños gracias a la trabajabilidad de la mezcla, siendo esta de gran popularidad entre los ingenieros civiles por su pronta disponibilidad en las obras y su bajo costo. (Asocreto, 2015)

También se tiene que el concreto es un material resistente en compresión pero débil en tracción, por lo que es necesario modificarlo para poderlo aprovechar como un material estructural en elementos en flexión. El pres-forzado es una de las técnicas que se han desarrollado para esta aplicación.

El concepto de pres forzado podemos entenderlo cuando consideramos la manera como transportamos un grupo de libros, en que los comprimimos con las manos y podemos movilizar, como una unidad estructural, este conjunto de elementos sin ninguna ligazón entre ellos. (Harmsen, 2005)

1.3.2 Concreto premezclado (*Precast concrete*)

El concreto premezclado es producido a nivel industrial en una planta central, con la tecnología más avanzada para su posterior distribución, en las que las propiedades de los componentes y del producto terminado están cuidadosamente controladas, empleando los sistemas más modernos y mediante los aditivos apropiados para satisfacer las necesidades del cliente.

El concreto premezclado ofrece todas las ventajas que requiere la construcción moderna:

- Responsabilidad y garantía del diseño de mezcla en cuanto a trabajabilidad y resistencia mecánica a la compresión.
- Capacidad para suministrar cualquier volumen que se requiera.
- Además de otras ventajas de carácter económico y técnico a corto y a largo plazo. (Cemex Concretos, 2016)

1.3.3 Métodos de las 5M

Cualquier proceso esta susceptible a fallar, ocasionando problemas, cuya solución no siempre es evidente, siendo necesario encontrar la causa raíz del problema, para esto existen diferentes métodos de análisis, en este proyecto de utilizo el análisis de las 5M, que es un sistema de análisis estructurado, donde se fija cinco pilares fundamentales alrededor de los cuales giran las posibles causas de un problema. Estas 5M son las siguientes:

1.3.3.1 Mano de obra

En el sector de la construcción la mano de obra hace referencia específicamente al personal que ocupa de realizar las actividades relacionadas directamente con la ejecución de la misma y se definen como trabajadores de la construcción. Esta mano de obra se puede clasificar como mano de obra calificada y no calificada, dependiendo el grado de cualificación académica y práctica, que cada uno de ellos posee, de este factor depende la remuneración que pueda tener el trabajador, siendo directamente proporcional en cuanto mayor cualificación posee, mayor remuneración recibe.

La mano de obra se puede clasificar en dos rangos, los trabajadores técnicos que ejecutan la obra propiamente dicha, como una casa, un edificio o cualquier otro tipo de obra, quienes son los obreros u operarios, y los profesionales y tecnólogos que controlan, dirigen, programan, intervienen, como son, arquitectos, ingenieros, administradores y demás profesionales especializados en el ramo de la construcción.

Uno de los mayores problemas que tiene que enfrentarse en este sector es a la inestabilidad de la mano de obra que afecta la productividad, originan complicaciones en la estimación de los rendimientos y en el control de costos, esto es debido al carácter “temporal” que tienen los proyectos constructivos.

En Colombia, en muchas regiones es muy difícil la consecución de personal calificado, inclusive en las grandes ciudades, que afectan la óptima calidad de la obra, sin embargo hoy en un mundo globalizado las exigencias del mercado son distintas, se requieren de personas capacitadas y competentes, no solamente en la industria de la construcción, sino también en otros sectores de la economía. En ese sentido cabe destacar la importancia que ha tenido en los últimos años el Servicio Nacional de Aprendizaje – Sena, en capacitar y cualificar a los trabajadores de la construcción.

1.3.3.2 Maquinaria

Para ahorrar mano de obra, los constructores empezaron a desarrollar innovaciones en mecanización. Fueron los Estados Unidos quienes empezaron a desarrollar esta vigorosa tradición. Los manufactureros norteamericanos de equipamientos, pioneros en la obsolescencia planificada, al contrario del principio Europeo de la construcción duradera, también alimentaron el proceso de cambio, además de que

los lazos entre los manufactureros y los usuarios siempre estuvieron estrechos así permitiendo que lecciones de operación se incorporaran en el proceso de diseño.

La especialización del equipamiento de mover tierra, esencialmente como función de la distancia de acarreo, hizo aparecer la niveladora, el raspador, el bulldózer, la compactadora, el cargador y el ubicuo tractor agrícola. Este proceso se dio más o menos alrededor de los 1880 hasta el final de la primera guerra mundial. Ya en esta época todos habían adquirido su silueta familiar. El diseño elegante y utilitario del tractor de hacienda cambió poco en los últimos noventa años. Las primeras niveladoras, raspadores y compactadoras eran de tracción animal, pero el esfuerzo de tracción necesario requería de equipos de un tamaño excesivo (se mencionaron equipos de hasta dieciséis mulas), entonces rápidamente el tractor, y luego el asentador de vías fueron adaptados para poder jalarlos. Luego fueron motorizados. La adición de la cuchara del Búldozer al tractor arrastrador, una innovación clave para desplazar tierra sobre cortas distancias, llegó un poco más tarde. En la medida en que la tracción por vapor no dominaba como era el caso en el R.U., donde la indestructibilidad (las máquinas de vapor victorianas quedaron en servicio por medio siglo y más) era sin duda un freno al desarrollo de maquinaria relativamente ligera y ágil, el motor a combustión interna fue adoptado rápidamente. Sin duda, el hecho de que fuera tan compacto y práctico estimuló mucho el diseño. A pesar de que no fuera una tarea trivial encender un motor a petróleo en temperaturas de congelamiento a principios de siglo, los procedimientos para arrancar una máquina de vapor ocupaban las primeras horas de cada día. (Mamaani, 2010)

1.3.3.3 Materiales

Son un conjunto de materias primas utilizadas para la construcción; que cumplen con unas condiciones técnicas necesarias para su utilización en cuanto a tipo, tamaño, forma, procedencia, propiedades químicas y físicas tales como resistencia, capacidad de absorción, fragilidad, ductilidad, tenacidad, etc.

1.3.3.4 Métodos

Es el modo, manera o forma de realizar algo de forma sistemática, organizada y/o estructurada. Cuando se habla de método, se hace referencia a una técnica o conjunto de tareas para desarrollar una actividad, y este caso una constructiva.

Cuando se diseña un proceso, existen una serie de circunstancias y condicionantes como conocimiento, Tecnología, materiales, maquinarias, medio ambiente entre otras, que pueden variar a lo largo del tiempo, así como puede dejar de ser válido en un determinado momento, lo que antes funcionaba, puede ser que ahora no sea válido.

1.3.3.5 Medio ambiente

Las condiciones ambientales pueden afectar el resultado obtenido y provocar problemas. Valorar las condiciones en las que se ha producido un fallo, nunca está de más, por ejemplo a la hora de vaciar un elemento de concreto no es lo mismo hacerlo al medio día, que en la noche, las condiciones ambientales influyen de manera definitiva en la colocación del concreto.

1.3.4 Calidad

La norma ISO 9000:2000 la define como: La capacidad de un conjunto de características intrínsecas para satisfacer requisitos.

1.3.4 Control de calidad del concreto

El control de calidad, es el control ejercido por el productor con el fin de obtener un concreto conforme a las normas apropiadas y con cualquier requisito adicional especificado y acordado con el comprador.

La esencia del control de calidad es la utilización de los resultados y de pruebas en relación con las materias primas, la planta, el concreto fresco y el concreto endurecido, con el objeto de regular la calidad de la producción de acuerdo con los requisitos especificados y en una forma económica.

El control de calidad del concreto incluye los siguientes procedimientos:

- Muestreo y prueba al azar, para determinar la resistencia en cilindros de prueba en forma continua.
- Análisis sistemático de los resultados de los cilindros de prueba para verificar o evaluar la calidad real existente.

- Revisión de los proporcionamientos a la luz del análisis para mantener la calidad a nivel requerido.

Se deben seguir los procedimientos según las Normas Técnicas Colombianas, pueden verse en c.1.5

1.3.6 Control del almacenamiento de materiales

Almacenar correctamente los materiales, brinda el medio adecuado para que estos no se deterioren, ya sea por el paso del tiempo o por las condiciones ambientales. Una práctica común y correcta en el almacenamiento del cemento es separar los bultos más viejos de los recientes para que sean usados de primeros. El cemento debe ser almacenado sin contacto con el suelo, en un lugar fresco, seco para conservar sus características, limpio y con buena ventilación y mucho mejor si se cubren los sacos con plástico para una protección adicional.

El almacenamiento de los agregados debe garantizar continuidad para la fabricación del concreto, evitando la contaminación con sustancias perjudiciales, variación en el contenido de humedad, la segregación y la mezcla de agregados de origen y tamaños diferentes. Estos deben colocarse en puntos de acopio debidamente señalizados, en terrenos duros y secos, limpiando el suelo de materiales arcillosos o sustancias orgánicas, cubiertos con polietileno u otro material para evitar la emisión de material particulado a la atmosfera o arrastre del material, estos acopios no deben ser superior a dos metros de altura.

1.3.7 Mezclado del concreto

El mezclado del concreto es el proceso en el que se vierten, mediante unas especiaciones determinadas, los ingredientes del hormigón como son: agua, cemento, agregados y aditivos. De este proceso hecho con calidad, se obtiene un producto de calidad; en este aspecto es requisito verificar: el equipo de mezclado, tiempo de la operación, correcta dosificación y manejo de los materiales. La mezcla del concreto puede ser: manual (Ver ilustración 1 y 2), mecánico (Ver ilustración 3), semi-industrial (plantas pequeñas en obra), e industrial. Para cada uno de estos tipos se usan diferentes herramientas y equipos, y por ende niveles de calidad y resistencia. (Sanchez , 2001)



Ilustración 1. Mezclado Manual. Fuente mezcla en el sitio, guiasconcreto.mex.tl



Ilustración 2. Mezclado manual. Fuente: mezcla en el sitio, guiasconcreto.mex.tl

El mezclado manual es permitido siempre que $f'c < 140 \text{ Kg/cm}^2$ y el volumen de cada revoltura no supere los 3 sacos de cemento (150 Kg), caso en el cual deberá

aumentarse el contenido de cemento en 10%. Se debe tener precaución de realizarse sobre una superficie pavimentada, limpia y a nivel para que no escurra el agua o la lechada para que no se contamine el concreto con el material del suelo o basura o mejor sobre una superficie impermeable.



Ilustración 3. Mezclado mecánico. Fuente: Consideraciones en el Mezclado del Concreto, Civilgeeks.com

1.3.8 Transporte del concreto.

Debe tenerse coordinación para realizar el pedido a tiempo y tener los elementos necesarios para transporte interno del concreto, ya que este deberá transportarse de la mezcladora al sitio de destino tan pronto como sea posible y por métodos que eviten segregación de los materiales, pérdida de los ingredientes o pérdidas en él mismo. El concreto endurecido no se usará. El Contratista tendrá en cuenta las condiciones de acceso y de tráfico a la obra para que la mezcla cumpla con las condiciones exigidas.

El Contratista someterá a la aprobación del Interventor, antes de iniciar los montajes de los equipos para la preparación de los concretos, el planeamiento, y características de los elementos para su transporte.

Tanto los vehículos para transporte de concreto desde la mezcladora al lugar de construcción. La utilización del equipo de transporte no provisto de elementos para mezclar el concreto sólo se permitirá cuando así lo autorice por escrito el Interventor y cuando cumpla los requisitos establecidos en las antedichas especificaciones de la ICONTEC, ASTM, Código Colombiano para Construcciones Sismo-resistentes u otros decretos vigentes. El concreto se depositará tan cerca cómo se pueda a su posición fina. (Asocreto, 2015)

1.3.9 Colocación del concreto.

El concreto se puede colocar manualmente con carretilla, transportado por bandas, lanzado por inyectoras o bombas. El grado de exigencias varía de uno a otro, por tanto las especificaciones dependerán de las necesidades del proyecto. Se recomienda realizar una inspección visual antes de la colocación del concreto, en búsqueda de posibles elementos ajenos a la formaletería, refuerzos, anclajes, embebidos y otros, que puedan quedar cubiertos por la masa de concreto generando vacíos perjudiciales en los elementos estructurales. La ilustración 4 muestra la colocación directa del concreto, mediante camión mezclador.

La colocación del concreto incluye su compactación, en la NSR-10 (C.20.5.4 - COMPACTACION) se especificaba que: “Inmediatamente se coloque el concreto dentro de las formaletas, se debe proceder a su compactación por medio de vibradores con el fin de asegurar su densificación y evitar hormigueros”.

La compactación del concreto realizada mediante el vibrado, es de mucha importancia para la calidad del concreto y su educada ejecución es fundamental en cualquier tipo de proyecto, con esto se logra uniformidad u homogeneidad en la mezcla. Estos “varían entre 3500 rpm a unos 12000 rpm aproximadamente, con un diámetro de $\frac{3}{4}$ ” a 2”, utilizándose generalmente los de 7000 rpm con un diámetro de pulgada y media”. (Palomino, 2014)



Ilustración 4 Transporte del concreto. Fuente: www.amarelasinternet.com

1.3.10 Recomendaciones para vibrado del concreto.

Para realizar un excelente vibrado, es bueno, seguir las recomendaciones que siguen a continuación:

- El vibrado se realiza normalmente cuando los concretos son relativamente secos, ya que la proporción de agua-cemento está relacionada directamente con la resistencia del concreto.
- La energía de los vibradores se utiliza para mover el concreto horizontalmente en lugar de consolidarlo verticalmente, siendo probable que la segregación se produzca por un mal vibrado
- Evitar su uso en exceso en la misma área, ya que pueden estancarse los agregados gruesos en el fondo, mientras que el cemento se queda en la parte superior.

- Será preciso tener cuidado de colocar los vibradores a suficiente profundidad para agitar efectivamente el fondo de cada capa de concreto.
- Los vibradores se introducirán y retirarán lentamente y deberán operarse continuamente mientras se extraen.
- Los vibradores para colados se colocan horizontalmente a distancias no mayores que el radio, a través del cual la vibración es efectiva visiblemente, recomendándose unos 15 segundos de vibrado por cada 10 cm² de la superficie superior en cada capa.

1.3.11 Curado del concreto.

Se llama curado del hormigón al proceso de protección del hormigón que hace posible el endurecimiento de la mezcla en condiciones óptimas. El trabajo del curado del hormigón es fácil de realizar y con un buen curado del hormigón se puede esperar un buen comportamiento físico y mecánico.

Teniendo en cuenta que no toda la masa del cemento se pone en contacto con el agua al reaccionar con ella, podemos concluir que mientras más tiempo se mantenga húmedo el hormigón, mayor posibilidad de lograr una reacción completa de los componentes y mayor es la resistencia que se puede obtener.

El vaciado de hormigón debe protegerse, el calor generado por la misma mezcla hace que el agua se evapore demasiado rápido, y la velocidad depende del clima dominante. Las elevadas temperaturas y el viento excesivo, aceleran la evaporación. En elevadas temperaturas el hormigón puede secarse rápidamente, lo que resulta en una masa débil y porosa.

Existen métodos tradicionales para el curado, como por ejemplo rociar directamente agua a determinados intervalos de tiempo, sumersión en tanques con agua más usado para elementos prefabricados, o tender telas de arpillera, sacos de yute u otros, cubrir con arena, aserrín o tierra húmeda, papel grueso, o combinaciones como: tela recubrimiento con la que se pueda mantener húmedo y también se pueden pintar con sustancias impermeables. También hay tecnologías contemporáneas y nuevas como los ventiladores de humectación, pinturas o capas impermeables mejoradas, entre otras.

Un buen curado brinda ganancia predecible de resistencia, durabilidad mejorada o longevidad al hormigón, condiciones mejores de servicio y apariencia. Dejar secar prematuramente, es impedir el crecimiento de la resistencia y es prácticamente

imposible conseguir lo esperado. Por tanto siga las siguientes recomendaciones. (Palomino, 2014)

1.3.11.1 Recomendaciones para curado del concreto

La selección de uno u otro método de curado dependerán de las condiciones, del tipo de proyecto y del factor económico, entre otros. Emplear el método adecuado y realizarla cabalmente, es el mejor consejo para proteger al concreto contra la pérdida de agua. Después del acabado la superficie del concreto debe permanecer continuamente humedecida o sellada para evitar la evaporación por un período mínimo de varios días como se recomienda en la Tabla 1, donde puede verse los tiempos de curado recomendados para los cementos tipo I, II y III, para dos temperaturas diferentes.

Cemento tipo I	Cemento tipo II	Cemento tipo III
Temperatura – 50°F (10°C)		
6 días	9 días	3 días
Temperatura – 70°F (10°C)		
4 días	6 días	3 días

Tabla 1. Periodo mínimo de curado para alcanzar el 50% de la Resistencia especificada. Fuente National Ready Mixed Concrete Association. Hormigón. El Concreto en la Práctica. ¿Qué, Por qué y cómo?

1.3.11.2 Sistemas para mantener húmedo el concreto:

Mantas o esteras de algodón o fibra humedecidas con una manguera o un aspersor: No se deben dejar secar y que le absorban agua al concreto. Los bordes de las mantas deben traslaparse y con contrapesarse para que no las levante el viento.

Paja rociada periódicamente con agua: La paja puede ser fácilmente levantada por el viento, y si está seca se puede incendiar. Las capas de paja deben ser de 6 pulgadas de espesor (15,2 cm) y deberán estar cubiertas con una lona.

La tierra, la arena o el aserrín húmedos: Se pueden utilizar para curar elementos planos (especialmente pisos). No deberán tener contaminantes orgánicos o con residuos de hierro.

Aspersión con agua: Es adecuada si la temperatura del aire está por encima de la congelación, No se debe permitir que el concreto se seque entre humedecimientos, pues ciclos de humedecimiento y secado no son aceptables para curado.

Estanque de agua sobre una losa: es un excelente método de curado, El agua no debe estar 20°F (11°C) más fría que el concreto y el murete de contención alrededor del estanque debe ser asegurado contra escapes o salideros. (Palomino, 2014)



Ilustración 5. Curado del concreto. Fuente: Curado del concreto en obra, CivilGeeks.com

1.3.11.3 Materiales para retener la humedad:

Los compuestos curadores de membrana: Se aplican a la superficie del concreto alrededor de una hora después del acabado. No se aplica al concreto que aún está exudando o que tiene un brillo visible de agua sobre la superficie. Puede ser adecuada una capa sencilla, pero donde sea posible es deseable para un mejor cubrimiento aplicar una segunda capa en dirección perpendicular a la primera. Si el concreto será pintado o cubierto con enchapado de vinilo o cerámica, entonces deberá ser utilizado un compuesto líquido que no sea reactivo con la pintura o los adhesivos, o utilice un compuesto que se pueda sacar con cepillo o lavado. En los pisos la superficie debe ser protegida del tráfico con papel a prueba de rasguños después de la aplicación del compuesto de curado.

Laminas plásticas: Ya sean claras, blancas o pigmentadas, los plásticos deben tener como mínimo 4 milésimas de pulgada (0,1 mm) de espesor y preferiblemente

estar reforzadas con fibra de vidrio. Las láminas coloreadas oscuras son recomendables cuando la temperatura ambiente está por debajo de los 60°F (15° C) y las láminas blancas deben ser utilizadas cuando las temperaturas exceden de 85°F (30°C), los plásticos deben ser puestos en contacto directo con la superficie de concreto tan pronto como sea posible sin estropear la superficie. Los bordes de las láminas deben solaparse, fijarse con una cinta adhesiva impermeable y tener contrapesos para evitar que el viento se introduzca por debajo del plástico. El plástico puede formar bandas oscuras siempre que una arruga toque el concreto, por lo que el plástico no debe ser utilizado en concretos a la vista. Los plásticos algunas veces se utilizan sobre las mantas húmedas para retener la humedad.

El papel impermeable: Es utilizado como las láminas plásticas, pero no mancha la superficie. Este papel consiste generalmente en dos capas de papel kraft cementadas juntas y reforzadas con fibra. Los productos retardadores de evaporación son usados para reducir la evaporación de las superficies del concreto fresco antes de que fragüe, para prevenir la fisuración por retracción plástica. No deben ser usados para curado final. (Palomino, 2014)

Para el control de la temperatura es importante tener en cuenta lo siguiente:

1.3.12 Clima frío

Cuando la temperatura ambiente sea menor que 4°C o mayor que 35°C, debe llevarse un registro de las temperaturas del concreto y de la protección dada al concreto durante su colocación y curado. Fuera de estos intervalos no es obligatorio. (Numeral C.1.3.3 de la NSR-10), es decir que el concreto se congela si su temperatura está por debajo de 5°C, lo que incurre en un desfase de 1°C; por tanto, se recomienda llevar dichos registros siempre, y seguir las recomendaciones dadas para el tipo de protección empleada. Para el clima frío hay que recordar que:

- La durabilidad del concreto será poca y su resistencia puede reducirse incluso en más del 50%, si este se congela en estado plástico.
- Cuando el concreto alcance una resistencia a compresión mínima de 500 libras por pulgada cuadrada, puede decirse que el concreto está de la congelación. Esto toma aproximadamente dos días después del vaciado para la mayoría de concretos a 10°C.
- El ritmo con el que el concreto gana resistencia es más lento, ya que este se hidrata más lentamente.
- Una diferencia de temperatura del concreto de 10°C aproximadamente duplica el tiempo de fraguado, lo que puede usarse como regla práctica. Por lo que debe considerarse este tiempo adicional para remover el encofrado.

- Aunque sea solo durante la construcción, el concreto en contacto con agua y expuesto a ciclos de congelación y deshielo, debe tener aire incorporado.
- Cuando se coloca el concreto, este está saturado de agua y debe protegerse de los ciclos de congelación y deshielo hasta que se logre una resistencia a la compresión mínima de 3500 psi.
- La hidratación del cemento genera calor. El concreto recién colocado debe ser aislado para que retenga su calor y de esta forma mantenga una favorable temperatura de curado. Las diferencias grandes de temperatura (20°C) entre la superficie y la masa interior del concreto deben ser evitadas pues se puede producir agrietamiento. El aislamiento o las medidas de protección se deben eliminar paulatinamente, evitando así un desfase térmico.
- El vaciado del concreto en clima frío da la oportunidad para una mayor calidad, pues entre más fría la temperatura inicial del concreto dará como resultado una resistencia última más alta. (Palomino, 2014)

1.3.13 Clima cálido.

Se define como clima cálido cualquier periodo en el que se experimente una elevada temperatura, independientemente del clima predominante del sitio de la construcción. En la literatura puede encontrarse rangos en la temperatura ideal del concreto alrededor de los 20°C.

Las claves para un vaciado de concreto exitoso en clima cálido son: el reconocimiento de los factores que afectan el concreto, y la planificación para disminuir sus efectos. Por tanto, conozcamos en primera medida los factores. Es sabido que elevadas temperaturas tienden a evaporar el agua, afectando la relación agua-cemento, lo que puede implicar baja resistencia. También tienden a acelerar la pérdida de asentamiento y pueden provocar pérdida de aire incorporado. Otro factor afectado es el tiempo de manejabilidad del concreto, el cual fraguará más rápido y puede requerir un acabado más temprano de lo normal. “Las altas temperaturas, alta velocidad del viento y baja humedad relativa, pueden afectar al concreto fresco de dos formas importantes:

- Elevado ritmo de evaporación puede inducir a una temprana fisuración por retracción plástica o retracción por secado y también elimina el agua de la superficie necesaria para la hidratación a menos que se empleen métodos apropiados de curado.
- El agrietamiento por temperatura puede producirse por una caída rápida de la temperatura del concreto, tal es el caso de las paredes o losas de concreto

que son vaciados en un día cálido, seguido de una noche fría. Una alta temperatura acelera también la hidratación del cemento y contribuye a un potencial de agrietamiento térmico en estructuras masivas de concreto” (Palomino, 2014)

1.3.14 Método Jerárquico (AHP)

El método jerárquico es una herramienta metodológica para incorporar las preferencias de actores involucrados en un proceso participativo de toma de decisión. Este proceso fue desarrollado por Thomas L. Saaty (The Analytic Hierarchy Process, 1980) para resolver problemas complejos de criterios múltiples. El proceso requiere que quienes toman las decisiones, proporcionen evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada una de las alternativas de decisión y para criterio. El resultado de AHP es una jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión.

El AHP proporciona la posibilidad de incluir datos cuantitativos relativos a las alternativas de decisión y adicionalmente permite incorporar aspectos cualitativos que suelen quedarse fuera del análisis debido a su complejidad para ser medidos, pero que pueden ser relevantes en algunos casos. El método se “trata de desmenuzar un problema y luego unir todas las soluciones de los sub-problemas en una conclusión”¹ (Osorio & Orejuela, 2008)

1.3.15 Prueba de Kruskal- Wallis

La prueba Kruskal- Wallis es un método no paramétrico para:

1. probar si un grupo de datos proviene de la misma población.
2. Se emplea cuando se quieren comparar tres o más poblaciones.
3. Es el equivalente a un análisis de varianza de una sola vía.
4. No requiere supuesto de varianza iguales (Homogeneidad de varianza).
5. Compara esencialmente los rangos promedios observados para las “r” muestras, con los esperados bajo H_0 .

H_0 : Las poblaciones de las que proceden las tres “r” muestras son idénticas (idénticas mediana)

¹ Thomas L. Saaty, “The Analytical Hierarchical Process”, J. Wiley, New York, 1980.

$$H_0: u_1 = u_2 = \dots u_r$$

La prueba se realiza de la siguiente manera

1. Planteamiento de Hipótesis
2. Se ordenan las “n” observaciones de menor a mayor, y se les asignan rangos desde 1 hasta “n”
3. Se obtiene la suma de los rangos correspondiente a los elementos de cada muestra “R_i” y se halla el rango promedio.
4. Calcular estadístico de prueba
5. Buscar H en la tabla Chi cuadrado.
6. Conclusiones

1.3.16 Graficas de Caja y Bigote

Es un diagrama que muestra una representación gráfica de la distribución de datos, señalando donde cae la mayoría de los valores y los valores que difieren considerablemente de la norma (Valores Atípicos). (Donoso, 2016)

1.3.16.1 Elementos de los diagramas de caja

-El lado inferior del rectángulo representa el primer cuartil, y el lado superior, el tercer cuartil. En consecuencia, la altura de la caja representa el rango intercuartílico.

-La línea horizontal a través de la caja es la mediana

-Las líneas verticales que sobresalen de la caja, el “Bigotes” se extienden, respectivamente, hasta al mínimo y el máximo del conjunto de datos, siempre que estos valores no difieren de la media de más de una vez y media el rango intercuartílico. Los extremos de los bigotes están marcados por dos líneas horizontales cortas.

-Los valores, indicados por puntos, respectivamente, por debajo y por encima de los bigotes inferior y superior se consideran valores atípico (Donoso, 2016)

1.3.16.2 Construcción de una gráfica de caja y bigote.

Una gráfica de este tipo consiste en una caja rectangular, donde los lados más largos muestran el recorrido intercuartílico. Este rectángulo está dividido por un segmento vertical que indica donde se posee la mediana y por lo tanto su

relación con los cuartiles primero y tercero ya que el segundo cuartil coincide con la mediana, esta caja se ubica a escala sobre un segmento que tiene como extremos los valores min y máximo de la variable. Las líneas que sobresalen de la caja se llaman bigotes. Estos tienen un límite de prolongación, de modo que cualquier dato o caso que no se encuentre dentro de este rango es marcado e identificado individualmente (Donoso, 2016)

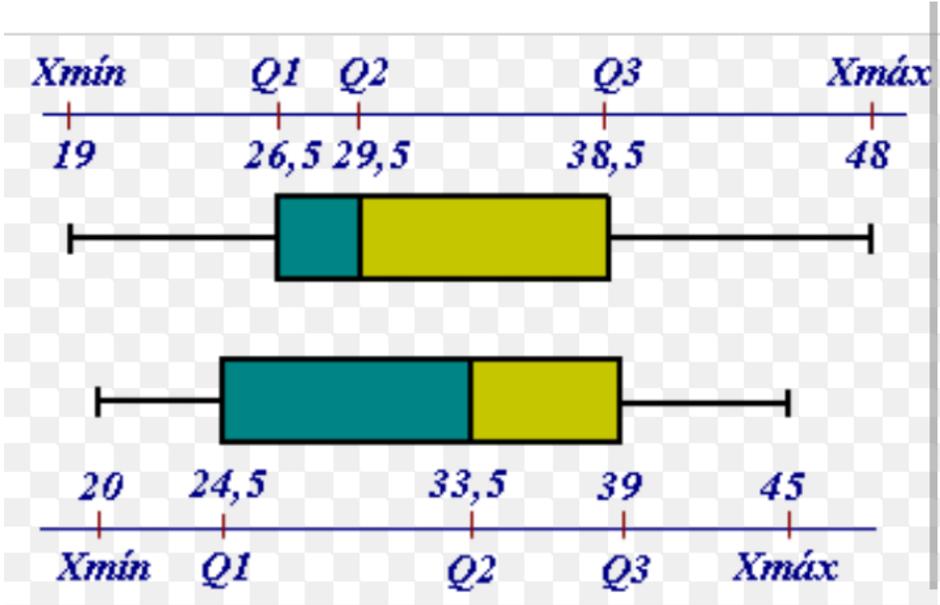


Figura 1. Grafica de Caja y Bigote. Fuente: estadística para todos, www.estadisticaparatodos.es

1.4 AREA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en la ciudad de Barranquilla, Departamento del Atlántico, Colombia.



Ilustración 6. Ubicación de Barranquilla. Fuente: www.inviertaenColombia.com.co

1.4.1 Geografía

La ciudad está localizada en el vértice nororiental del departamento del Atlántico, sobre la orilla occidental del río Magdalena, a 7,5 km de su desembocadura en el mar Caribe. Barranquilla se encuentra a una latitud $10^{\circ} 59' 16''$ al norte de la línea ecuatorial y una longitud de $74^{\circ} 47' 20''$ al occidente de Greenwich, tomando como referencia la plaza de la Paz, punto cero de la ciudad. El área urbana está edificada sobre un plano ligeramente inclinado cuyas alturas extremas, según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, son 4 msnm al oriente y 98 metros al occidente, sobre el nivel del mar. Otras fuentes señalan alturas accidentales en las lomas, hasta de 120 metros fuera de la ciudad. (Blanco, 1997)



Ilustración 7. Mapa de Barranquilla. Fuente: mapa turístico de Barranquilla

1.4.2 Límites del municipio:

Políticamente, Barranquilla limita al oriente con el departamento del Magdalena (de por medio el río Magdalena), al norte con el municipio de Puerto Colombia y con el Mar Caribe (predios de la ciénaga de Mallorquín, tajamar occidental y Puerto Mocho), al occidente con los municipios de Puerto Colombia, Galapa y Tubará y al sur con el municipio de Soledad. (Blanco, 1997)

1.4.3 Extensión total: 154 Km²

Barranquilla está dividido política y administrativamente en cinco localidades:

1. Riomar
2. Norte-Centro Histórico
3. Sur Occidente
4. Metropolitana
5. Sur Oriente.

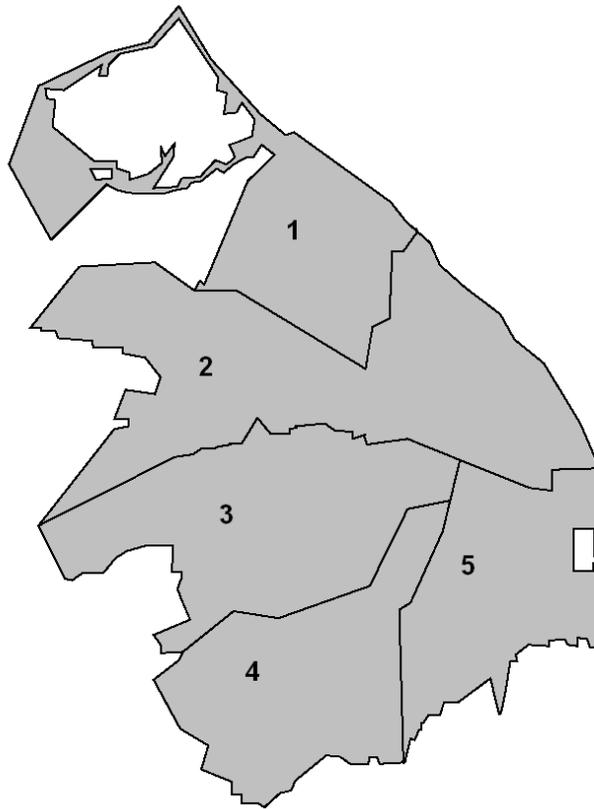


Ilustración 8. Sectorización de Barranquilla. Fuente: Alcaldía de Barranquilla.

1.4.4 Clima

Entre los factores que determinan el clima de Barranquilla están la latitud, la cercanía al mar y el relieve. La ciudad está muy cerca del Ecuador o paralelo 0, por lo cual los rayos del sol caen perpendiculares, registrándose altas temperaturas durante todo el año. Barranquilla además, está ubicada en la zona intertropical o de bajas latitudes, este factor sumado a su cercanía al mar y a sus tierras bajas, permite una moderación de las temperaturas por la influencia de las brisas marinas.

Así mismo, el clima de Barranquilla es de tipo tropical seco o xeromegatermo tropical, es decir, correspondiente a una vegetación propia de la sequedad y bajo altas temperaturas.

En Barranquilla no se producen las abundantes selvas características del clima tropical. Por el contrario, es una zona seca, como lo es todo el litoral Caribe colombiano, debido a que los vientos alisios del noreste soplan paralelos al litoral, absorbiendo la humedad, empujándola hacia el interior de la Región Caribe hasta las estribaciones de la cordillera de los Andes, donde producen abundantes lluvias.

Los vientos alisios son secantes y en determinadas épocas del año soplan con más energía, aumentando la sequía en la región. La sequía también se produce por un fenómeno conocido como la "Sombra de sotavento" de la Sierra Nevada de Santa Marta.

La Sierra Nevada de Santa Marta es una barrera para los vientos alisios del noreste, éstos, luego de aridecer la península de la Guajira, alojan toda la humedad del lado de Barlovento de la Sierra Nevada produciendo abundantes lluvias, hasta 2500 mm anuales, pero en el lado de sotavento esto es, el lado opuesto a Barlovento, la parte de la Sierra que mira hacia Barranquilla, se genera sequía que se extiende hasta el oriente de la ciudad.

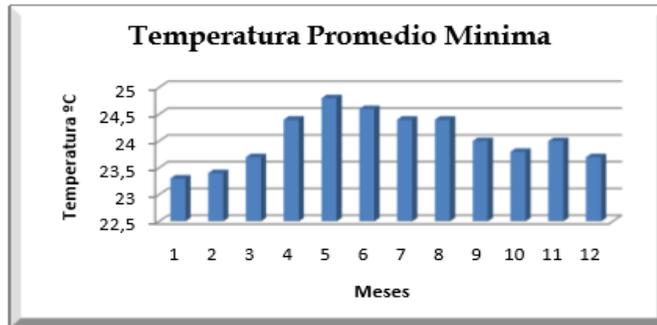
Por la sombra de sotavento el promedio de lluvias en la parte oriental de la ciudad (Barrios las Nieves, Rebolo, La Luz, Simón Bolívar) es ligeramente menor que en el occidente y suroccidente de la ciudad. (Instituto de Hidrología Meteorología y estudios Ambientales IDEAM, 2007)

Climatológica de Barranquilla												
Temperatura (°C)												
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Mínima promedio	23.3	23.4	23.7	24.4	24.8	24.6	24.4	24.4	24.0	23.8	24.0	23.7
Promedio	26.6	26.6	26.9	27.5	28.1	28.1	28.0	28.0	27.8	27.4	27.4	27.0
Máxima promedio	31.3	31.4	31.9	32.7	33.3	32.9	32.7	33.1	32.8	32.3	32.0	31.5
Precipitación, brillo solar y humedad relativa												
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	5	1	1	25	91	104	70	102	143	178	79	24
Días lluvia	0	0	0	3	9	9	7	10	13	14	9	2
Humedad relativa (%)	78	77	77	78	80	80	80	81	83	84	83	80
Brillo Solar (horas/mes)	282	245	240	207	188	195	215	207	164	166	191	253
Evaporación (mm/mes)	194	220	271	249	291	262	235	242	175	152	129	159
Datos medidos en:			Promedios anuales	Evaporación	Temperatura			Precipitación			Brillo Solar	
<u>Aeropuerto Internacional Ernesto Cortissoz</u>				mm	Min °C	Med °C	Max °C	Total mm	Lluvia Días	Humedad %	horas	
				2,579	24.0	27.4	32.3	821	76	80	253	

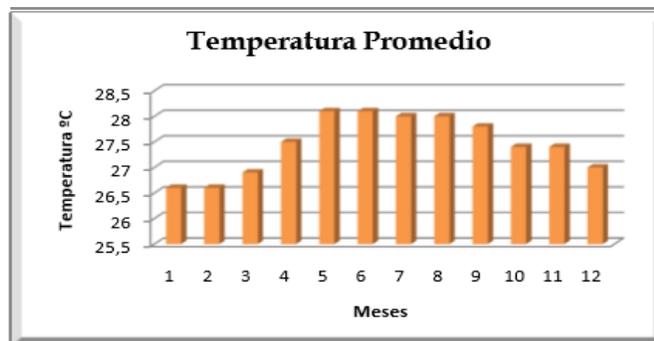
Tabla 2. Promedios multianuales de los principales parámetros meteorológicos sobre la ciudad de Barranquilla. fuente: Instituto de Hidrología Meteorología y estudios Ambientales IDEAM.

1.4.5 Temperatura

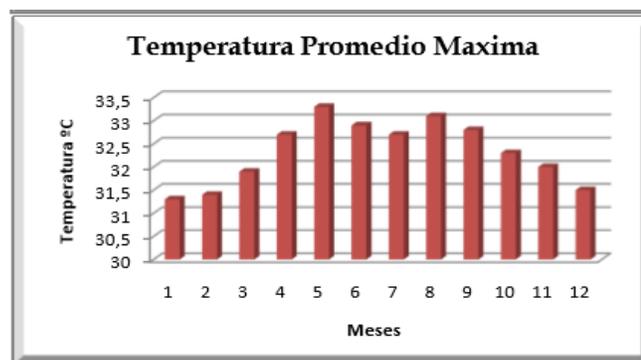
Las temperaturas máximas superan siempre los 31.0 grados centígrados, mientras las mínimas están por encima de los 23.3 grados centígrados hasta los 24.8 grados centígrados. El tipo de clima es seco, con gran déficit de agua, y cálido. (Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográfica, 2001-2007)



a)



b)



c)

Figura 2. Promedio multianual de temperatura, a) Temperatura mínima b) Temperatura promedio c) Temperatura máxima. Fuente: Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográfica.

1.4.6 Humedad relativa

La cercanía al mar, la ubicación a orillas del río Magdalena, la zona del Parque Natural Nacional Isla Salamanca, los humedales del delta de la desembocadura del río Magdalena, hace que esta zona tenga bastante humedad, pero esta humedad es modificada por los vientos secantes y la empujan hacia el interior de la región para producir abundantes lluvias en las estribaciones de los Andes. Los mayores niveles de humedad se registran en Octubre, el mes más lluvioso con 84%, le siguen Septiembre y Noviembre con 83%, agosto con 81% y Mayo, Junio y Julio con 80%. Los meses de humedad son Febrero y Marzo con 77%, así mismo la media anual varía entre el 79% y el 81%. (Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográfica, 2001-2007)

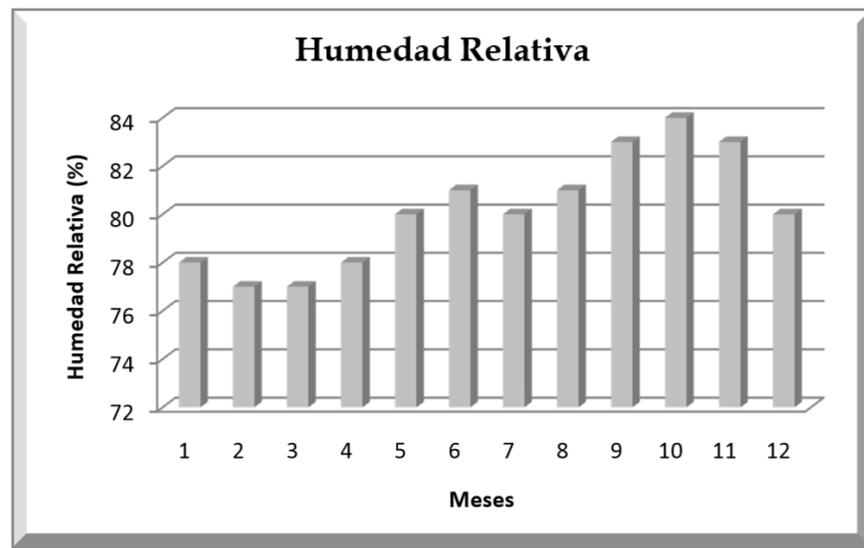


Figura 3. Promedio multianual de humedad relativa. Fuente: Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográfica.

1.4.7 Velocidad del Viento

Durante todo el año los regímenes de velocidad media del viento en la ciudad de barranquilla están determinados por las oscilaciones del sistema de alta presión de las Azores y las fluctuaciones de la Zona de Convergencia Intertropical sobre el área, las cuales de diciembre a marzo (Época Seca) presentan posiciones propicias para que se presente flujo constante de viento en la ciudad de barranquilla

ocasionando las mayores velocidades del año, las cuales según los registros multianuales del IDEAM oscilan entre 4.5 y 6.1 m/seg, así mismo de abril a junio (Época Humedad) se presentan velocidades medias entre 2.7 y 4.8 m/seg. De igual manera, durante la época de transición de junio a julio se ostentan velocidades medias entre 2.7 y 3.2. Durante la segunda época humedad del año (agosto a noviembre) se presentan las velocidades medias menores, las cuales oscilan entre 2.2 y 3.1 m/seg. El promedio anuales presenta un valor de 3.9 m/seg. (Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográfica, 2001-2007)

Velocidad del viento Barranquilla												
Velocidad media del viento (m/seg)												
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Velocidad promedio	5.6	5.9	6.1	4.8	3.3	2.7	3.2	3.1	2.6	2.2	2.9	4.5
Promedio Anual	3.9											

Tabla 3. Velocidad media del viento en Barranquilla. Fuente: Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográfica.

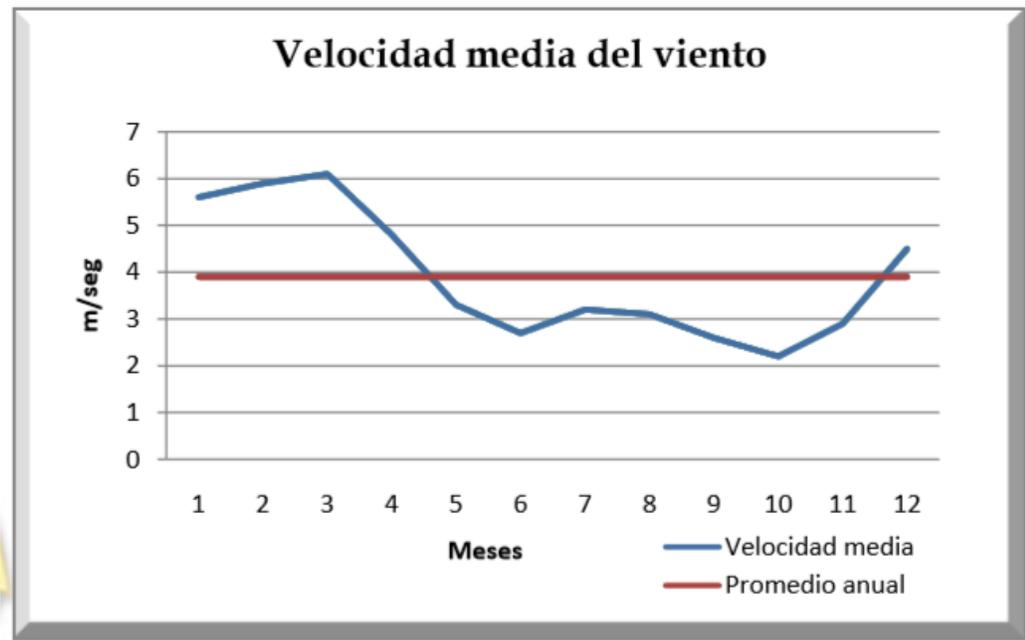


Figura 4. Velocidad media del viento sobre Barranquilla. Fuente: Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográfica.

1.4.8 Economía

Debido a su importancia en el sector de la economía nacional, el municipio de Barranquilla pasó a la categoría de Distrito Especial, Industrial y Portuario en 1993. La ciudad se encuentra en la primera región turística de Colombia, la Costa Norte, entre los principales polos de atracción como Cartagena de Indias al suroccidente y Santa Marta al nororiente.

Barranquilla es un centro industrial de primer orden. La actividad económica es dinámica y se concentra principalmente en la industria, el comercio, las finanzas, los servicios y la pesca. Entre los productos industriales se tienen las grasas vegetales y aceites, productos farmacéuticos, químicos, industriales, calzado, carrocerías para buses, productos lácteos, embutidos, bebidas, jabones, materiales para la construcción, muebles, plásticos, cemento, partes metalmecánicas, prendas de vestir y embarcaciones.

Los terminales marítimos y fluviales son motores del desarrollo industrial y comercial de la Región Caribe. El puerto de Barranquilla cubre dos rutas principales, la del río Magdalena, que lo comunica con el interior del país (ventaja que no poseen los otros puertos de la Costa Caribe), y la del mar Caribe, por la que se comercian millones de toneladas con Europa y Asia.

Gracias al creciente auge y demanda del carbón, se hace viable la construcción del nuevo Puerto de Aguas Profundas de Barranquilla, concesionado a la Sociedad Portuaria de Bocas de Ceniza. El "Superpuerto", como lo llaman localmente, tendrá una inversión inicial de 170 millones de dólares y estará listo para principios del año 2010. Para un futuro ensanche se prevé la utilización del "Superpuerto" en carga mixta.

Aunque todavía vale decir que nuestro municipio es agropecuario, porque tanto la agricultura como la ganadería juegan aún papel importante en la base de su economía; a partir de la década de los 70s, cuando largas sequías frustraron las cosechas y las reses padecieron la falta de agua y pastos, la mujer costera asumió su rol de emprendedora y acudiendo a su ingenio natural, primero con artesanías como flores de tuza y plumas, gorros enrruchados, bolsos de cañamazo y finalmente la confección de ropa, labor en la que sobresale a nivel nacional e internacional, indujo al hombre costero a convertirse a comerciante para llevar el producto de las microempresarias costeras hasta más allá de las fronteras patrias.

Atraídos por el auge comercial, muchos ciudadanos de origen alemán, norteamericano, italiano, español, sirio, árabe y libanés, se establecen en la ciudad dando origen a muchas empresas que ayudaron fortalecer el empuje industrial y económico, que la convirtieron en una de las cuatro ciudades más importantes del país, con gran densidad demográfica.

Con una adecuada infraestructura de servicios públicos, múltiples ventajas arancelarias, una moderna zona franca y eficientes parques industriales, la capital del Atlántico es un lugar estratégico para el desarrollo del comercio internacional. (CIOH, 1810-2010)

1.4.9 Vías de comunicaciones

1.4.9.1 Vías aéreas:

La terminal aérea de Barranquilla es el Aeropuerto Internacional Ernesto Cortissoz, uno de los principales aeropuertos de Colombia, a 7 km de la ciudad, en el vecino municipio de Soledad. El aeropuerto tiene dos terminales, uno para vuelos domésticos y otro para internacionales. También opera como *hub* internacional para las aerolíneas Aires y Avianca. En 2007 fue declarado de "cielos abiertos" por la Aeronáutica Civil para fomentar el turismo y la proyección de la ciudad. Durante 2008, a través del Ernesto Cortissoz se han movilizado 497.204 pasajeros, se han efectuado 15.359 operaciones y se han transportado 13.136 ton. En mercancías, lo que lo convierten en el quinto aeropuerto en número de pasajeros y el tercero en carga.

1.4.9.2 Vías terrestres:

Cuenta con una excelente red vial que une a Barranquilla con los otros municipios del Departamento y con el resto del País.

1.4.9.3 Vías fluviales:

Barranquilla Es el tercer puerto marítimo en importancia del país y su ubicación a orillas del río Magdalena, que es navegable todo el año y recorre de sur a norte el territorio nacional, lo convierte en un importante puerto fluvial comunicándose por este medio con el resto del país.

El transporte fluvial comunica todos los pueblos ribereños del bajo Magdalena con Barranquilla en pequeñas embarcaciones, sin embargo las vías marítimas se usan para la movilización y transporte de carga. (Alcaldía de Barranquilla, 2010)

2. METODOLOGIA

2.1 Primera Etapa: Elaboración y validación de La Encuesta

En la elaboración de la encuesta, se utilizó un sistema de análisis estructurado de mejora continua conocido como 5M (Mano de obra, Maquinaria, Materiales, Métodos y Medio ambiente), para la formulación de preguntas relacionadas con cada una de estas áreas.

Para el proceso de validación fue necesario el testimonio de expertos como fuente de conocimiento, quienes evaluaron la estructura de cada una de las preguntas y finalmente las aprobaron para ser aplicadas en forma de cuestionario en una plataforma virtual. (Ver anexo 1)

2.2 Segunda Etapa: Aplicación de la encuesta

Por medio de herramientas digitales se creó la encuesta para ser aplicada a ingenieros, arquitectos y técnicos relacionados con el área de la construcción. Siguiendo esta metodología se obtuvieron 100 encuestas, bajo la estructura 5M, con la información necesaria objeto de estudio.

2.3 Tercera Etapa: Análisis Estadístico

Una vez finalizadas las encuestas se utilizó el método de análisis jerárquico (Osorio & Orejuela, 2008) para determinar de acuerdo a la percepción de los encuestados, la ponderación de cada uno de los factores (mano de obra, materiales, métodos constructivos, medio ambiente, equipos y herramientas) este proceso se realizó de tres formas: de manera global, de acuerdo a los años de experiencia profesional y de acuerdo al grado de formación académica.

A la vez este análisis también se aplicó a los sub-factores dentro de cada factor, con el fin de identificar cuál de estos era el de mayor importancia de acuerdo a la percepción de los encuestados. Una vez identificados se realizó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis entre los sub-factores más importantes de cada factor

para determinar si la experiencia específica o el grado de formación académica inciden en la percepción de estos.

Para determinar si hay o no incidencia, se evaluó el p-valor de la prueba bajo la hipótesis nula de que las medianas de cada nivel de experiencia o grado académico eran iguales por sub-factor, de esta forma si el p-valor es igual o superior a 0,05 no existe una diferencia estadísticamente significativa de que las medianas de los sub-factores son diferentes de acuerdo a los niveles de experiencia o formación académica, por lo tanto no se rechaza la hipótesis nula es decir no hay incidencia de la experiencia o la formación académica, por otro lado si el p-valor es inferior a 0,05 se tiene suficiente evidencia estadística de que existen diferencias significativas entre las medianas, por lo que se rechaza la hipótesis nula.

Por último, se realizaron gráficas de caja y bigotes a aquellos sub-factores que presentaron diferencias significativas con el fin de analizar la simetría, máximos, mínimos, medias y las muescas de la mediana.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Mediante el método de análisis jerárquico, se realizó comparaciones pareadas de los factores, obteniendo un análisis bidireccional de los mismos mismo y una relación recíproca al comparar dos factores diferentes e iguales, en este último el valor será igual a uno, pues se está comparando consigo mismo. De esta manera se obtuvo el peso de cada relación.

	Mano de obra	Maquinaria	Materiales	Métodos	Medio Ambiente
Mano de obra	1	0.95	0.9	0.8	0.8
Maquinaria	1	1	0.9	0.9	0.9
Materiales	1.1	1.1	1	0.9	0.9
Métodos	1.2	1.1	1.1	1	1.0
Medio Ambiente	1.2	1.2	1.1	1.0	1
Total	5,55	5,3	5,01	4,72	4,55
Sumatorias de calificaciones	2055	2871	2277	2016	1254
Nº Preguntas	6	8	6	5	3
Normalización	342.5	358.8	379.5	403.2	418
Sumatoria Normalizada	2740	2871	3036	3225	3344

Tabla 4 . Matriz de comparaciones pareadas, global. Fuente propia

Mediante el proceso de sintetización, se sumaron los valores de cada columna de la matriz de comparaciones pareadas y se dividió cada elemento de la matriz entre el total de su columna como se observa en la tabla 4.

En la matriz de comparaciones pareadas se calculó el promedio de las prioridades relativa de los elementos que se compararon y así se determinó de acuerdo a la percepción de los encuestados, la ponderación de cada uno de los factores.

	Mano de obra	Maquinas	Materiales	Métodos	M. Ambiente	Ponderación
Mano de obra	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Máquina	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
Materiales	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Métodos	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
Medio Ambiente	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22

Tabla 5. Matriz de comparaciones pareadas normalizada, global. Fuente propia

Según la percepción de los encuestados, el factor con mayor influencia en la afectación de la calidad del concreto es el medio ambiente con un 22%, esto puede ser producto de que Barranquilla es una ciudad de clima cálido con condiciones de humedad y de velocidad del viento alta, por estar ubicado a la orilla occidental del río Magdalena y a 15 kilómetros del mar caribe, presenta temperaturas promedio de 28,5 °C, con valores máximos que oscilan entre 31°C a 35°C y valores mínimos entre 23°C a 24°C, con una humedad relativa promedio de 79% a 81% y una velocidad de viento promedio de 3,9m/seg (CIOH, 1810-2010), condiciones ambientales que son desfavorables para la durabilidad de las estructuras y la calidad del concreto, (Osorio J. D., 2011). En primera instancia la demanda de agua para el curado aumentaría modificando el comportamiento de este, tanto en estado fresco como endurecido (Espinoza, 2015), lo que puede generar un incremento de la contracción plástica durante el fraguado debido a la rápida evaporación del agua aumentando la formación de grietas (Aníbal Maury, 2007) y permitiendo la penetración de sales y sulfatos presentes en la humedad del aire, cuyas concentraciones en Barranquilla son altas, de esta manera las estructuras aunque no están en contacto directo con el mar son afectadas por la degradación química del concreto y corrosión del acero de refuerzo (Vargas, 1998).

Seguido del factor medio ambiente, se encuentra con un 21.2% los métodos constructivos como el segundo factor que más afecta la calidad del concreto, esto puede ser originado por la falta de supervisión que garanticen los procedimientos constructivos aceptables, verificando el cumplimiento de las especificaciones técnicas y de calidad tanto de los materiales, la mano de obra y la tenencia de equipos en óptimas condiciones, como en la obra misma, en sus aspectos generales de construcción, estructuras, instalaciones, acabados, detalles, etc. (Solís, 2004), ya que todos estos factores van de la mano y son el resultado de los buenos y malos métodos de construcción en obra (Palomino, 2014).

La calidad de los materiales representa el 20% de influencia en la calidad, ya que siendo concreto premezclado debería cumplir con la dosificación de cada uno de los materiales y los estándares de calidad por parte de las plantas productoras de concreto, aun así, no dejan de presentarse casos de estructuras donde el concreto no alcanza la resistencia a la compresión óptima del diseño de mezcla, claros ejemplos son el edificio Altinbasak en Turquía (Kaltakci, Arslan, & Korkmaz, An investigation on failed or damaged reinforced concrete structures under their own-weight in Turkey, 2007) y la torre 6 del edificio Space en Colombia (Universidad De Los Andes, Facultad de Ingeniería, 2014); esto puede ser el resultado de muchos factores externos que inician desde su proceso de fabricación en la concretera debido a materiales que no cumplieron con las Normas Técnicas Colombianas(NTC) o internacionales, un sistema de transporte ineficiente, una colocación inapropiada del concreto debido a un mal mezclado o exceso de vibración en la compactación permitiendo la segregación de la mezcla y por ultimo un curado inadecuado que puede alterar la relación agua/cemento reduciendo su resistencia.

Los equipos y herramientas utilizados en la colocación del concreto, influyen en un 19% en la calidad de este, según la percepción de los encuestados el mal estado de estos, por falta de mantenimiento o sobreutilización de los mismos, puede influenciar de forma negativa en el acabado final del concreto, reduciendo su resistencia con el tiempo, por tal motivo es importante la tenencia y el buen estado de herramientas como: el equipo de bombeo, vibrador, formaletas y herramientas de iluminación que optimicen la colocación de este.

Por último se encuentra la mano de obra con un 18% de influencia en la calidad del concreto, considerado el factor menos influyente, esto puede obedecerse a que los trabajadores rasos están dirigidos y supervisados por personal capacitado, responsable de todas las actividades ejecutadas por ellos.

También se determinó cómo influye el nivel académico y la experiencia en la percepción de estos factores, por lo que se realizó el mismo procedimiento con el método jerárquico, pero esta vez se analizó por nivel académico y años de experiencia.

Formación Técnico, Profesional Especialista y	Mano de obra	Máquina	Materiales	Métodos	Medio Ambiente
Mano de obra	1	0.97	0.92	0.87	0.85
Máquina	1.03	1	0.95	0.9	0.87
Materiales	1.08	1.05	1	0.94	0.92
Métodos	1.15	1.11	1.06	1	0.97
Medio Ambiente	1.18	1.14	1.09	1.03	1
Total	5.435	5.279	5.021	4.744	4.616
Sumatorias de calificaciones	1213	1665	1313	1158	714
N° Preguntas	6	8	6	5	3
Normalización	202.1	208.1	218.8	231.6	238
Sumatoria Normalizada	1617	1665	1751	1853	1904

Tabla 6. Matriz de comparaciones pareadas, de acuerdo a la formación académica baja- media. Fuente propia

Formación Técnico, Profesional y Especialista	Mano de obra	Máquina	Materiales	Métodos	Medio Ambiente	Ponderación
Mano de obra	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.184
Máquina	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.189
Materiales	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.199
Métodos	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.211
Medio Ambiente	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.217

Tabla 7. Matriz de comparaciones pareadas normalizada, de acuerdo a la formación académica baja-media. Fuente propia

Según la percepción de los encuestados con formación académica bajo-medio el factor con mayor influencia en la calidad del concreto es el medio ambiente con un 21.7% y con menor influencia la mano de obra con un 18.4%

Maestría y Doctorado	Mano de obra	Máquina	Materiales	Métodos	Medio Ambiente
Mano de obra	1	1.34	1.26	1.18	1.12
Máquina	1.48	1	1.30	1.21	1.16
Materiales	1.56	1.45	1	1.28	1.22
Métodos	1.65	1.54	1.44	1	1.29
Medio Ambiente	1.70	1.58	1.48	1.39	1
Total	7.389	7.288	6.839	6.403	6.104
Sumatorias de calificaciones	842	1206	964	858	540
N° Preguntas	6	8	6	5	3
Normalización	140.3	150.7	160.6	171.6	180
Sumatoria Normalizada	1123	1206	1285	1373	1140

Tabla 8. Matriz de comparaciones pareadas, de acuerdo al grado de formación académica alto. Fuente propia

Maestría y Doctorado	Mano de obra	Máquina	Materiales	Métodos	Medio Ambiente	Ponderación
Mano de obra	0.135	0.184	0.184	0.184	0.184	0.174
Máquina	0.201	0.189	0.189	0.189	0.189	0.192
Materiales	0.211	0.199	0.199	0.199	0.199	0.202
Métodos	0.223	0.211	0.211	0.211	0.211	0.213
Medio Ambiente	0.230	0.217	0.217	0.217	0.217	0.219

Tabla 9. Matriz de comparaciones pareadas normalizada, de acuerdo al grado de formación académica alto. Fuente propia

De igual forma, la percepción de los encuestados con mayor formación académica, el factor que más influencia tiene en la calidad del concreto es el medio ambiente con un 21.9% y el factor que menos influye es la mano de obra con un 17.4%.

De acuerdo a esto se puede inferir que el grado de formación académica, no influye de manera significativa en la percepción de los factores en la calidad del concreto.

Menos de 5 años de experiencia.	Mano de obra	Máquina	Materiales	Métodos	Medio Ambiente
Mano de obra	1	0.97	0.90	0.83	0.79
Máquina	1.03	1	0.93	0.86	0.81
Materiales	1.11	1.08	1	0.92	0.88
Métodos	1.20	1.17	1.08	1	0.95
Medio Ambiente	1.27	1.23	1.14	1.05	1
Total	5.62	5.44	5.05	4.67	4.43
Sumatorias de calificaciones	684	941	760	686	434
N° Preguntas	6	8	6	5	3

Normalización	114	117.6	126.6	137.2	144.6
Sumatoria Normalizada	912	941	1013	1098	1157

Tabla 10. Matriz de comparaciones pareadas, de acuerdo a la percepción de menor experiencia. Fuente propia

Menos de 5 años de experiencia.	Mano de obra	Máquina	Materiales	Métodos	Medio Ambiente	Ponderación
Mano de obra	0.178	0.178	0.178	0.178	0.17	0.178
Máquina	0.184	0.184	0.184	0.184	0.18	0.184
Materiales	0.198	0.198	0.198	0.198	0.19	0.198
Métodos	0.214	0.214	0.214	0.214	0.21	0.214
Medio Ambiente	0.226	0.226	0.226	0.226	0.22	0.226

Tabla 11. Matriz de comparaciones pareadas normalizada, de acuerdo a la percepción de menor experiencia. Fuente propia

Para los encuestados con menor experiencia profesional, el factor que más influye en la calidad del concreto es el medio ambiente con un 22.6% y el que menos influye es la mano de obra con un 17.8%.

5 Años o más de experiencia.	Mano de obra	Máquina	Materiales	Métodos	Medio Ambiente
Mano de obra	1	0.95	0.90	0.86	0.84
Máquina	1.06	1	0.95	0.91	0.88
Materiales	1.11	1.05	1	0.95	0.93
Métodos	1.16	1.10	1.05	1	0.97
Medio Ambiente	1.20	1.13	1.08	1.03	1
Total	5.52	5.23	4.99	4.74	4.62
Sumatorias de calificaciones	1371	1930	1517	1330	820
N° Preguntas	6	8	6	5	3
Normalización	229	241	253	266	273
Sumatoria Normalizada	1828	1930	2023	2128	2187

Tabla 12. Matriz de comparaciones pareadas, de acuerdo a la percepción de mayor experiencia. Fuente propia

5 Años o más de experiencia	Mano de obra	Máquina	Materiales	Métodos	Medio Ambiente	Ponderación
Mano de obra	0.181	0.181	0.181	0.181	0.181	0.181
Máquina	0.191	0.191	0.191	0.191	0.191	0.191
Materiales	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
Métodos	0.211	0.211	0.211	0.211	0.211	0.211
Medio Ambiente	0.217	0.217	0.217	0.217	0.217	0.217

Tabla 13. Matriz de comparaciones pareadas normalizada, de acuerdo a la percepción de mayor experiencia. Fuente propia

Según los encuestados con más años de experiencia, el factor con mayor influencia en la calidad del concreto es el medio Ambiente con un 21.7% y el factor con menor influencia es la mano de obra con un 18.1%.

De acuerdo a lo anterior se puede inferir que la experiencia profesional no incide de manera significativa en la percepción de los factores con mayor y menor influencia en la calidad del concreto.

A la vez este estudio se aplicó a los sub-factores, para ver cuál de estos, tiene mayor influencia en la calidad del concreto según la percepción de los encuestados. A continuación, se observa un ranking de los sub-factores siendo el n° 1 el más importante.

Ranking	Mano de Obra	
	Como influye:	%
1	La experiencia específica	21.60
2	Las Capacitaciones recibidas	21.6
3	La hora en el desempeño del trabajador al momento de fundir	17.98
4	El Ruido	14.651
5	La Edad del trabajador	12.561
6	Los Ingresos	11.591

Tabla 14. Ranking de los sub-factores de la mano de obra. Fuente propia

Ranking	Maquinaria	
	Como influye:	%
1	Iluminación de la zona de trabajo	14.557
2	Disponibilidad de vibrador	14.393
3	Disponibilidad de equipos para concreto bombeado	13.993
4	Tipo de formaleta	13.307

5	Antigüedad del equipo	11.749
6	Disponibilidad de equipos para ensayos propios	11.101
7	Fuente de energía de los equipos	10.848
8	Tenencia de la formaleta	10.051

Tabla 15. Ranking de los sub-factores de la maquinaria. Fuente propia

Ranking	Materiales	
	Como influye:	%
1	Diseño de la mezcla	20.817
2	Tipo de curado	18.928
3	Fuente del material	18.841
4	Prestigio de la concretera	15.239
5	Distancia planta-obra	13.878
6	Costos de Materiales	12.297

Tabla 16. Ranking de los sub-factores de los materiales. Fuente propia

Ranking	Métodos	
	Como influye:	%
1	Supervisión técnica	22.173
2	Ensayos de calidad	21.329
3	Organización del sitio de trabajo	20.536
4	Sistema de gestión de calidad	18.800
5	Sitio de toma de muestra	17.163

Tabla 17. Ranking de los sub-factores de los métodos de construcción. Fuente propia

Ranking	Medio Ambiente	
	Como influye:	%
1	Temperatura al momento de fundir	34.290
2	Viento y humedad	32.855
3	Agresividad ambiental	32.855

Tabla 18. Ranking de los sub-factores del medio ambiente. Fuente propia

De acuerdo al ranking, los sub-factores más importante dentro de cada factor es la temperatura al momento de fundir con un 34.3%, continua la supervisión técnica con un 22.2%, le sigue la experiencia específica de la mano de obra con un 21.6%, el diseño de mezcla con un 20.8% y por último la iluminación en la zona de trabajo con un 14.6%; una vez identificados se realiza una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis a cada uno de estos sub-factores para determinar si los años de experiencia o el grado de formación académica inciden en la percepción de estos.

3.1 Influencia de los años de experiencia en la percepción de los sub-factores.

Experiencia específica

	Tamaño de Muestra	Rango Promedio
< 2 años	6	55,25
2 < x < 5 años	27	53,2037
5 < x < 10 años	30	48,0833
> 10 años	35	46,8714

Estadístico = 1,61001 Valor-P = 0,65712

Tabla 19. Prueba Kruskal – Wallis del sub-factor experiencia específica. Fuente propia

Iluminación en la zona de trabajo

	Tamaño de Muestra	Rango Promedio
< 2 años	5	44,0
2 < x < 5 años	27	47,037
5 < x < 10 años	30	52,0833
> 10 años	35	48,5857

Estadístico = 0,80222 Valor-P = 0,848934

Tabla 20. Prueba Kruskal – Wallis del sub-factor Iluminación en la zona de trabajo.
Fuente propia.

Diseño de la mezcla (dosificación de cada material)

	Tamaño de Muestra	Rango Promedio
< 2 años	5	42,9
2 < x < 5 años	27	52,5
5 < x < 10 años	30	50,9
> 10 años	35	45,5429

Estadístico = 6,55205 Valor-P = 0,0876301

Tabla 21. Prueba Kruskal – Wallis del sub-factor Iluminación en la zona de trabajo.
Fuente propia.

Supervisión técnica

	Tamaño de Muestra	Rango Promedio
< 2 años	6	51,1667
2 < x < 5 años	27	47,6481
5 < x < 10 años	30	48,4167
> 10 años	35	51,5714

Estadístico = 0,520951 Valor-P = 0,914264

Tabla 22. Prueba Kruskal – Wallis del sub-factor Supervisión Técnica. Fuente propia.

Temperatura al momento de fundir

	Tamaño de Muestra	Rango Promedio
< 2 años	6	29,25
2 < x < 5 años	27	54,3889
5 < x < 10 años	30	55,6
> 10 años	35	43,9714

Estadístico = 8,28249 Valor-P = 0,0405191

Tabla 23. Prueba Kruskal – Wallis del sub-factor Temperatura al momento de fundir. Fuente propia.

De la prueba Kruskal – Waillis se obtuvo que el p- valor es inferior a 0.05, por lo tanto se tiene suficiente evidencia estadística de que existen diferencias significativas entre las medianas, por lo que se rechaza la hipótesis nula (Existe incidencia de los años de experiencia). Para analizar la simetría, máximos, mínimos, medias y las muescas de la mediana se realizaron graficas de caja y bigotes.

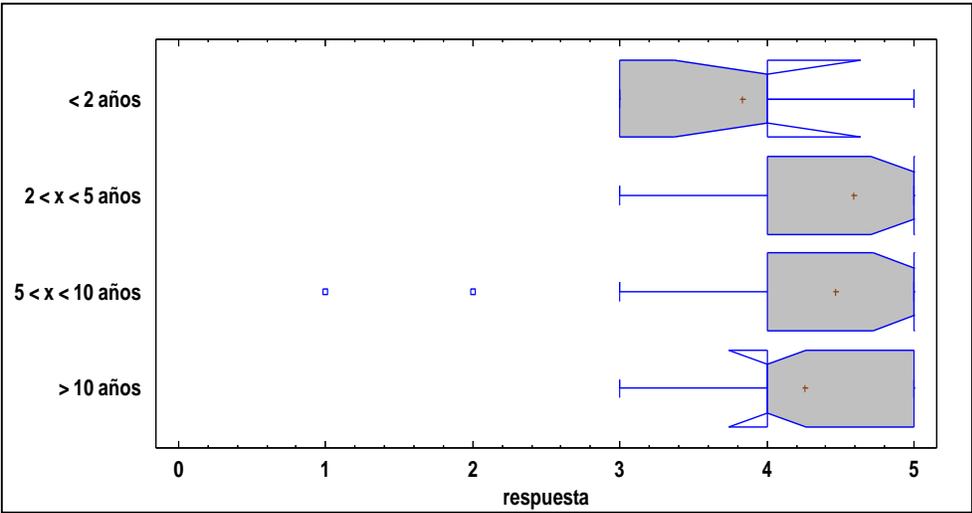


Figura 5. Gráfico de caja y bigotes del sub-factor, Temperatura al momento de fundir. Fuente propia

En la figura 5, se observa la mediana de acuerdo a los años de experiencia del sub-factor temperatura el momento de fundir, con una distribución de los datos asimétrico, debido a que no se encuentran concentrados en el mismo rango de valores.

	Años de Experiencia				p-valor	¿Diferencia, Significtiva?
	< 2 años	2 < x < 5 años	5 < x < 10 años	> 10 años		
	n = 6	n = 27	n = 30	n = 35		
Sub-factor	Mediana	Mediana	Mediana	Mediana		
Experiencia específica	5	5	5	5	0,657	No
Iluminación de la zona de trabajo	4	4	5	4	0,848	No
Diseño de la mezcla	5	5	5	5	0,087	No
Supervisión técnica	5	5	5	5	0,914	No
Temperatura al momento de fundir	4	5	5	4	0,04	Si

Tabla 24. Percepción de los sub-factores de acuerdo a los años de experiencia. Fuente propia.

Con respecto a los años de experiencia la prueba Kruskal-Wallis nos indica que en cuatro de los cinco sub-factores más importantes no existe diferencia estadísticamente significativa para establecer que estos incidan en la percepción de la influencia de estos sub-factores en la calidad del concreto.

Sin embargo, la percepción en cuanto a la temperatura al momento de fundir, sí presenta diferencias estadísticamente significativas, por ejemplo, la mediana para los encuestados con menos de 2 años de experiencia y mayor a 10 años de experiencia, es de 4 sobre 5, lo que nos indica que para ellos este sub-factor tiene una influencia importante en la calidad del concreto.

3.2 Influencia del grado académico en la percepción de los sub-factores

Experiencia específica

	Tamaño de Muestra	Rango Promedio
TECNICO	5	44,5
PREGRADO	6	24,8333
ESPECIALIZACION	23	33,1304
MAESTRIA	21	33,5714
DOCTORADO	9	26,8333

Estadístico = 5,51488 Valor-P = 0,238424

Tabla 25. Prueba Kruskal – Wallis del sub-factor experiencia específica. Fuente propia.

Iluminación de la zona de trabajo

	Tamaño de Muestra	Rango Promedio
TECNICO	5	49,0
PREGRADO	6	39,5
ESPECIALIZACION	23	30,2609
MAESTRIA	21	35,4286
DOCTORADO	9	17,5556

Estadístico = 13,9555 Valor-P = 0,00743849

Tabla 26. Prueba Kruskal – Wallis del sub-factor iluminación de la zona de trabajo. Fuente propia.

De la prueba Kruskal – Waillis se obtuvo que el p- valor es inferior a 0.05, por lo tanto se tiene suficiente evidencia estadística de que existen diferencias significativas entre las medianas, por lo que se rechaza la hipótesis nula (Existe incidencia de la experiencia o la formación académica). Para analizar la simetría, máximos, mínimos, medias y las muescas de la mediana se realizaron graficas de caja y bigotes.

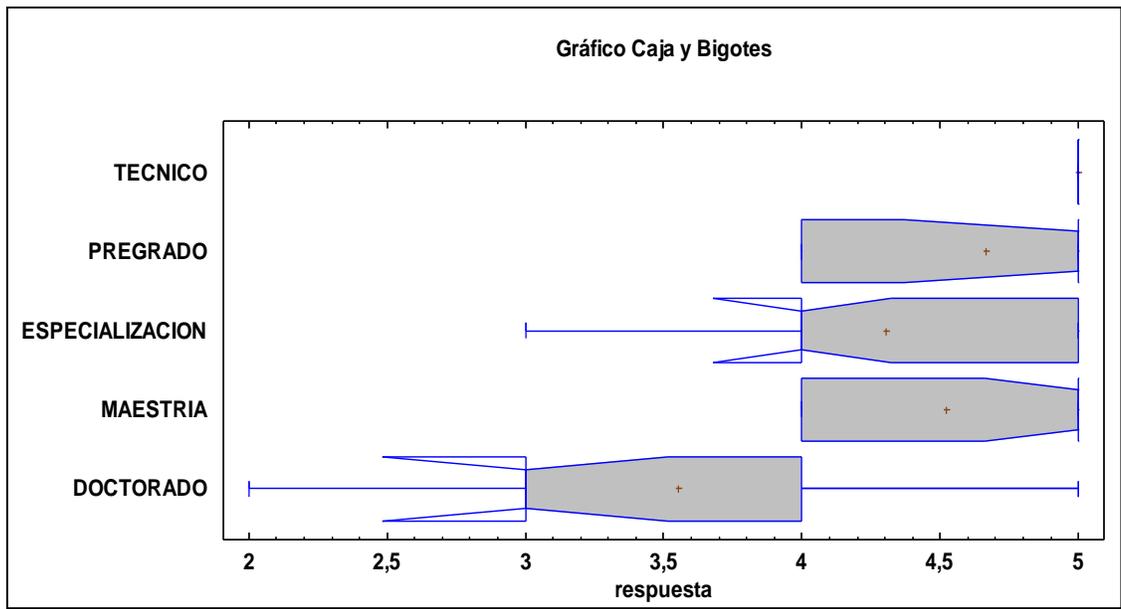


Figura 6. : Grafico de caja y bigotes del sub-factor iluminación de la zona de trabajo. Fuente propia

En la figura 6 se observa la mediana de la calificación otorgada por cada nivel de formación académica al sub-factor, con una distribución de los datos asimétricos debido a que no se encuentran concentrados en el mismo rango de valores. Siendo la más baja para el nivel de doctorado con un tres.

Diseño de la mezcla (Dosificación de cada material)

	Tamaño de Muestra	Rango Promedio
TECNICO	5	35,0
PREGRADO	6	29,6667
ESPECIALIZACION	23	33,6087
MAESTRIA	21	31,9524
DOCTORADO	9	31,4444

Estadístico = 1,65527 Valor-P = 0,798826

Tabla 26. Prueba Kruskal – Wallis del sub-factor Diseño de la mezcla. Fuente propia

Supervisión técnica

	Tamaño de Muestra	Rango Promedio
TECNICO	4	42,5
PREGRADO	6	30,75
ESPECIALIZACION	23	31,1522
MAESTRIA	21	29,6429
DOCTORADO	9	35,8333

Estadístico = 3,13099 Valor-P = 0,536148

Tabla 27: Prueba Kruskal – Wallis del sub-factor supervisión técnica. Fuente propia.

Temperatura al momento de fundir

	Tamaño de Muestra	Rango Promedio
TECNICO	5	45,5
PREGRADO	6	41,0833
ESPECIALIZACION	23	28,3261
MAESTRIA	21	36,5
DOCTORADO	9	20,8889

Estadístico = 12,0456 Valor-P = 0,0170157

Tabla 28. Prueba Kruskal – Wallis del sub-factor Temperatura al momento de fundir. Fuente propia.

De la prueba Kruskal – Waillis se obtuvo que el p- valor es inferior a 0.05, por lo tanto se tiene suficiente evidencia estadística de que existen diferencias significativas entre las medianas, por lo que se rechaza la hipótesis nula (Existe incidencia de la experiencia o la formación académica). Para analizar la simetría, máximos, mínimos, medias y las muescas de la mediana se realizaron graficas de caja y bigotes.

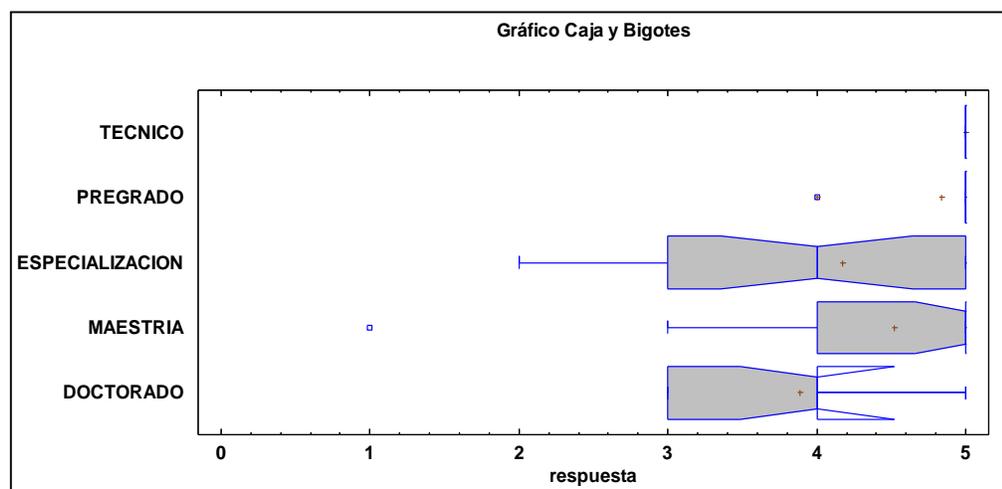


Figura 7. Gráfico de caja y bigotes del sub-factor temperatura al momento de fundir. Fuente propia.

En la figura 7, se observa la mediana por cada nivel de formación académica del sub-factor temperatura al momento de fundir, cuya distribución de los datos es asimétrico, debido a que una parte de los datos está concentrada en una región y la otra parte está concentrada en otro rango de valores.

Sub-factor	Formación Académica					p-valor	¿Diferencias Significativas?
	Técnica	Pregrado	Especialización	Maestría	Doctorado		
	n = 5	n = 6	n = 23	n = 21	n = 9		
Experiencia específica	Me. 5	Me. 4	Me. 5	Me. 5	Me. 4	0,238	No
Iluminación de la zona de trabajo	5	5	4	5	3	0,007	Si
Diseño de la mezcla	5	5	5	5	5	0,798	No
Supervisión técnica	5	5	5	5	5	0,536	No
Temperatura al momento de fundir	5	5	4	5	4	0,017	Si

Tabla 29: Percepción de los sub-factores de acuerdo al grado de formación académica. Fuente propia.

Con respecto a la formación académica la prueba Kruskal-Wallis nos indica que en tres de los cinco sub-factores más importantes, no existen diferencias estadísticamente significativas para afirmar que el grado de formación académica incide en la percepción de la influencia de dichos sub-factores en la calidad del concreto.

Sin embargo, las percepciones en cuanto a la iluminación de la zona de trabajo y la temperatura al momento de fundir, sí presentan diferencias estadísticamente significativas. Por ejemplo, la mediana para los encuestados con doctorado en cuanto a la iluminación, es de 3 sobre 5, lo que nos indica que para los que se encuentran en el máximo nivel de formación académica este sub-factor no tiene una influencia importante en la calidad final del concreto.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se determinó que estadísticamente los factores que influyen de manera significativa, en la calidad del concreto según los expertos en el campo de la construcción son, el medio ambiente con un 22% seguido de los métodos constructivos con un 21.2%, calidad de los materiales con un 20%, maquinaria con un 19% y por último la mano de obra con un 18%, teniendo también que para cada factor se determinó el sub-factor más importante, para el factor medio ambiente, el sub-factor temperatura es el que más afecta la calidad del concreto con un 34.29%, seguido con un 22.17% la supervisión técnica, experiencia específica de los trabajadores con un 21.60%, diseño de mezcla con el 20.81% e iluminación óptima a la hora del colocado del concreto con el 14.55%, también cabe destacar que no existe diferencia significativa que indique que los años de experiencia y grado de formación académica incidan en la percepción de los factores que afectan la calidad del concreto.

Por medio de la información obtenida se unificó la percepción de expertos para identificar estos factores con el objetivo de establecer una guía para el control de calidad del concreto, principalmente en climas cálidos como la ciudad de Barranquilla, por tanto, se recomienda:

- Ampliar esta investigación aplicada a diferentes contextos, para poder comparar la percepción de estos factores en los diferentes climas.
- Profundizar en otros factores que afecten la calidad del concreto, que no se hayan tenido en cuenta en esta investigación
- Realizar una investigación de estos factores, con la percepción de trabajadores raso de la construcción, que tengan un conocimiento empírico, para compararlo con la percepción de expertos en el tema.
- Utilizar la información recolectada y analizada en la presente investigación para controlar todos estos factores externos que afectan la calidad del concreto.

REFERENCIAS

- Pierre, C., & Aïtcin, P. (2000). Cements of yesterday and today. *Cement and Concrete Research*, 1349-1359.
- ACI. (26 de Noviembre de 2015). *American Concrete Institute Always Advancing*. Obtenido de <https://www.concrete.org/>
- Ahmed, I., & Ahmed, M. (1996). Premature Deterioration of Concrete Structures. *JOURNAL OF PERFORMANCE OF CONSTRUCTED FACILITIES*, 10(4), 164-170.
- Aïtcin, P. -C., & Eberhardt, A. B. (2016). Historical background of the development of concrete admixture. *Science and Technology of Concrete Admixtures*, xli-iii.
- Alazhari, M. S., & Shebani, M. M. (2013). Assessment of concrete quality in libya. *Procedia Engineering*, 117-126.
- Albayrak, G., Cambaz, M., & Albayrak, U. (2015). Statistical analysis of chemical admixtures usage for concrete: A survey of eskisehir city, Turkey. *Procedia Engineering*, 1236-1241.
- Alcaldía de Barranquilla. (23 de Noviembre de 2010). *Alcaldía de Barranquilla*. Obtenido de Alcaldía de Barranquilla: [www. Barranquilla. Gov.co](http://www.Barranquilla.Gov.co)
- Aníbal Maury, R. S. (2007). Desarrollo de un modelo computacional para predecir la composición de la pasta de cemento durante el proceso de fraguado. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*.
- Arora, S., & Singh, S. P. (2015). Analysis of flexural fatigue failure of concrete made with 100% coarse recycled concrete aggregates. *Construction and Building Materials*, 782-791.
- Asocreto. (2013). PATRONES DE FISURACIÓN EN PAVIMENTOS DE CONCRETO: ALGUNOS CONCEPTOS BÁSICOS. *Noticreto nº 120*, 32-37.
- Asocreto. (14 de Diciembre de 2015). *Blog 360 grados en concreto*. Obtenido de Blog 360 grados en concreto: <http://Blog360grados en concreto.com>
- Basheer, P. A., Chidiact, S. E., & Long, A. E. (1996). Predictive models for deterioration of concrete structures. *Construction and Building Materials*, 10(1), 27-37.

- Blanco, J. A. (1997). Geografía física de Barranquilla. En R. Zambrano, *Historia General de Barranquilla* (págs. 13-22). primera edición .
- Brand, A. S., Roesler, J. R., & Salas , A. (2015). Initial moisture and mixing effects on higher quality recycled coarse aggregate concrete. *Construction and Building Materials*, 83-89.
- C.Meyer. (2005). El hormigón en materiales de construcción verde de la ONU. *Conferencia Internacional sobre Materiales de Construcción: Rendimiento, las innovaciones y las implicaciones estructurales*. Vancouver, Canadá.
- Cemex Concretos. (7 de Marzo de 2016). *Manual Del Constructor*. Obtenido de Manual Del Constructor: <http://www.cemexmexico.com>
- Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográfica. (2001-2007). *Informe final Seguimiento de las condiciones Meteorológicas y Oceanográfica en el Caribe Colombiano* .
- CIOH. (1810-2010). *Climatología de los principales puertos del Caribe Colombiano* . Barranquilla: Bicentenario de la independencia de Colombia.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2016). *Estadísticas de Concreto premezclado Noviembre 2015*. Bogota.
- Diaz, C. A. (2012). Método de las 5M. *Ingeniería y gerencia, XXI*.
- Donoso, L. M. (13 de Mrzo de 2016). *Diagrama de Caja y Bigotes*. Obtenido de Diagrama de Caja y Bigotes: www.liceomartadonoso.cl
- Espinoza, J. L. (2015). *El concreto en climas Extremos*. Estado actual y ultimas tecnologías en el diseño y control del concreto.
- FICEM Federacion Interamericana del Cemento. (2013). *INFORME ESTADISTICO*. Bogota.
- Garcia, L. E. (Julio-Diciembre de 2014). Desarrollo de la Normatividad Sismo Resistente Colombiana en los ultimos 30 años desde su primera expedicion. *Revista de Ingenieria*. doi:10.16924/785
- Harmsen, T. E. (2005). *Diseño de estructurs de concreto armado*. Perú: Fondo Editoril.
- INCONTEC. (26 de Noviembre de 2015). *Incontec Internacional*. Obtenido de <http://www.icontec.org/index.php/es/nuestra-compania/nuestra-compania/nuestra-historia>

- Instituto de Hidrología Meteorología y estudios Ambientales IDEAM. (2007). *Circulación General de la Atmosfera*. Barranquilla. Obtenido de Instituto de Hidrología Meteorología y estudios Ambientales IDEAM.
- INVIAS. (2007). Norma Invías 161.
- Jin, R., Chen, Q., & Soboyejo, A. (2015). Survey of the current status of sustainable concrete production in the US. *Resources, Conservation and Recycling*(105), 148-159.
- Kaltakci, M. Y., Arslan, M. H., & Korkmaz, H. H. (2007). An investigation on failed or damaged reinforced concrete structures under their own-weight in Turkey. *Engineering Failure Analysis, 14*(6), 962-969.
- Kaltakci, M. Y., Korkmaz, H. H., Kamanli, M., Ozturk, M., & Arslan, M. H. (2013). Evaluation of a Gravity Load Designed Reinforced Concrete Structure Failed under its Own Weight due to Creep in Concrete. *In Advanced Materials Research, 747*, 441-444.
- Kazaz, A., Ulubeyli, S., & Turker, F. (2004). The quality perspective of the ready-mixed concrete industry in Turkey. *Building and Environment, 39*, 1349-1357.
- Koehn, E. E., & Ahmmed, M. (2001). Quality of Building Construction Materials (Cement) in Developing Countries. *Journal of architectural engineering, 7*(2), 44-50.
- Lagerblad, B., Gram, H., & Westerholm, M. (2014). Evaluation of the quality of fine materials and filler from crushed rocks in concrete production. *Construction and Building materials, 54*, 121-126.
- Lotfy, A., & Al-Fayez, M. (2015). Performance evaluation of structural concrete using controlled quality coarse and fine recycled concrete aggregate. *Cement and Concrete Composites, 57*, 36-43.
- M, H., & Y, K. (2014). Understanding the regional context of sustainable concrete in Asia: Case studies in Mongolia and Singapore. *Resources, Conservation and Recycling, 82*, 86-93.
- Mamaani, R. (2010). *Mquinaria y equipos de construccion*. Sucre: Universidad de Sucre.
- Mehta, P. (2002). Reverdecimiento de la industria del hormigón para el desarrollo sostenible. *Horm. Int., 24* (7), 23-27.
- Mobasher, B. (2008). USA-concrete construction industry-cement based materials and civil infrastructure. *CBM-CI International Workshop, Karachi, Pakistan, 2008*, 73-90.

- NRMCA, N. R. (MD). *Cip 12 El colocacion de concreto en clima cálido*. El concreto en la practica ¿Qué, Por qué y Cómo?
- Omer , A., Gokhan, A., Mustafa, T., & Serkan, K. (2007). Web-based quality control of ready mixed concrete. *Building and Environment*, 1465-1470.
- Ondova, M., Stevulova, N., & Estokova, A. (2012). The study of the propertie of fly ash based concrete composites whit various chemical admixtures. *Procedia Engineering*, 1863-1872.
- Osorio, J. C., & Orejuela, J. P. (2008). El Proceso del Anlisis Jerárquico AHP y la toma de decisiones multicriticos. *Scientia et Technic*, 247-252.
- Osorio, J. D. (2011). Durabilidad del Concreto en Zonas Costeras y Obras Portuaria . *Blog 360° En Concretos*.
- Palomino, J. M. (2014). *Guia para la supervision tecnica de estructuras de concreto reforzado*. Cartagena: Universidad de Cartagena.
- Ramezaniapour, A. M., Esmaeili, K., Ghahari, S. A., & Ramezaniapour, A. A. (2014). Influence of initial steam curing and different types of mineral additives on mechanical and durability properties of self compacting concrete. *Construction and building materials*, 73, 187-194.
- Sanchez , D. D. (2001). *Tecnología del Concreto y del Mortero* . Bogotá: Bhandar Editores Ltda.
- Solis , R., Moreno, É. I., & Vázquez-Rojas, C. (2011). DIFERENCIAS EN LA RESISTENCIA DE CONCRETOS SUJETOS A CURADOS HÚMEDOS Y AL AMBIENTE EN CLIMA CÁLIDO SUBHÚMEDO. *Concreto y Cemento. Investigacion y Desarrollo, Vol 3, Num 1 Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.*, 25-35.
- Solís, R. (2004). La Supervisión de Obra. *Solin Ingenieria*, 55-60.
- Universidad De Los Andes, Facultad de Ingenieria. (2014). *CONCEPTO TÉCNICO EN RELACIÓN A LAS CAUSAS MÁS PROBABLES DEL COLAPSO DEL EDIFICIO SPACE*. Bogota - Colombia.
- Vargas, H. A. (1998). Ataque por Cloruro en el concreto. *IMCYC*.
- Zoran, B., & Gordana, T. (2015). Damage of concrete and reinforcement of reinforced - Concrete Foundations Caused by Environmental Effects. *Procedia Engineering*, 411-418.

5. ANEXOS

5.1 Formato de la encuesta

Percepción de los factores influyentes en la calidad del concreto

La siguiente encuesta es realizada por el grupo de investigación en ingeniería civil de la Universidad de la Costa GINICUC. Esta tiene como objetivo evaluar la percepción de los siguientes factores que influyen en la calidad del concreto en obra, a partir de una ponderación. Dichos factores son: Mano de obra, Maquinaria, Materiales, Metodos y Medio ambiente, los cuales corresponden a la técnica de mejora continua conocida como "las 5 M", la cual es utilizada para identificar la causa raíz de un problema.

Agradecemos su colaboración para la realización de esta encuesta, que se aplica con fines académicos, cualquier comentario favor comunicarse a través de los siguientes correos:

morozco24@cuc.edu.co
yavila3@cuc.edu.co
cayala@cuc.edu.co

1. Profesión

- Ingeniero civil
- Ingeniero Mecánico
- Ingeniero Industrial
- Arquitecto
- Otro (especifique)

2. Nivel académico

- Técnico
- Pregrado
- Especialización
- Maestría
- Doctorado

3. Años de experiencia profesional y/o investigativa

- menos de 2 años
- entre 2 y 5 años
- entre 5 y 10 años
- más de 10 años

4. Califique su conocimiento en el diseño, preparación y/o colocación del concreto de 1 a 5, siendo 5 que se considera experto en el tema y 1 que no tiene gran conocimiento al respecto.

- 1 2 3 4 5

De acuerdo a su experiencia y conocimiento, califique de 0 a 5 puntos la influencia de cada uno de los siguientes items en la calidad del concreto, donde un valor de 0 significa que No influye, y 5 representa la influencia más alta.

5. Mano de obra (Corresponde a los factores que inciden en el recurso humano)

	0	1	2	3	4	5
Hora del día de fundida (¿Como afecta la hora en el desempeño del trabajador al momento de fundir?)	<input type="radio"/>					
¿Que tanto influye la edad del trabajador en la calidad del concreto?	<input type="radio"/>					
Capacitaciones recibidas	<input type="radio"/>					
Experiencia específica	<input type="radio"/>					
Ingresos (¿influyen los ingresos en el desempeño del trabajador al fundir?)	<input type="radio"/>					
Ruido (Puede afectar la comunicación y concentración del personal)	<input type="radio"/>					

6. Equipamiento (Corresponde a los factores que inciden en una adecuada colocación del concreto en obra: la maquinaria, herramientas y equipos)

	0	1	2	3	4	5
Disponibilidad de equipos para concreto bombeado (Contar o no con estos equipos en caso de ser necesario)	<input type="radio"/>					
Disponibilidad de vibrador (Contar o no con estos equipos)	<input type="radio"/>					
Tipo de formaleta	<input type="radio"/>					
Tenencia de la formaleta (Propia o alquilada)	<input type="radio"/>					
Disponibilidad de equipos para ensayos propios (Contar o no con estos equipos)	<input type="radio"/>					
Fuente de energía de los equipos (Eléctrico, batería, etc.)	<input type="radio"/>					
Antigüedad del equipo (tiempo de servicio)	<input type="radio"/>					
Iluminación de la zona de trabajo	<input type="radio"/>					

7. Materiales (Influencia de los siguientes factores en la calidad del concreto en obra)

	0	1	2	3	4	5
Fuente del material (Agregados, arena, cemento) ¿De que cantera o empresa?	<input type="radio"/>					
Distancia planta-obra	<input type="radio"/>					
Tipo de curado	<input type="radio"/>					
Costos (costo de cada material)	<input type="radio"/>					
Prestigio de la concretera	<input type="radio"/>					
Diseño de la mezcla (Dosificación de cada material)	<input type="radio"/>					

8. Métodos (Hace referencia a la forma o manera en que se ejecutan las actividades)

	0	1	2	3	4	5
Supervisión técnica (Presencia de un supervisor técnico en la obra)	<input type="radio"/>					
Organización del sitio de trabajo (adecuación de zonas para las diferentes actividades)	<input type="radio"/>					
Sistema de gestión de calidad organizacional	<input type="radio"/>					
Sitio de toma de muestra (Pie de mixer o a pie de obra)	<input type="radio"/>					
Ensayos de calidad (Si se cuenta con procedimientos para realizar los ensayos respectivos)	<input type="radio"/>					

9. Medio ambiente (Influencia de las condiciones ambientales sobre el concreto)

	0	1	2	3	4	5
Temperatura al momento de fundir	<input type="radio"/>					
Viento y humedad	<input type="radio"/>					
Agresividad ambiental (Ej: Corrosión, salinidad, etc.)	<input type="radio"/>					

Listo

5.2 Factores y Sub-Factores, mediante el método de las 5M

