



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 6 de abril de 2018

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

John Harry Ramírez Sánchez, con C.C. No. 80'854.415,

Henry Gustavo Chaves Gutiérrez, con C.C. No. 1.075'261.127,

autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o proyecto de grado

titulado ALTERNATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DE CORTES DE PERFORACIÓN BASE AGUA PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS Y OTRAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA

presentado y aprobado en el año 2018 como requisito para optar al título de

Ingeniero de Petróleos;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Henry Gustavo Chaves Gutiérrez

John Harry Ramirez Sánchez

Firma:

Firma:



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: ALTERNATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DE CORTES DE PERFORACIÓN BASE AGUA PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS Y OTRAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Ramírez Sánchez	John Harry
Chaves Gutiérrez	Henry Gustavo

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Botero Rojas	Luz Marina

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
----------------------------	--------------------------

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO DE PETRÓLEOS

FACULTAD: INGENIERÍA

PROGRAMA O POSGRADO: INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

CIUDAD: NEIVA **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2018 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 142

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas___ Fotografías Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general___ Grabados___
Láminas___ Litografías___ Mapas___ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___
Tablas o Cuadros

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: No aplica.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 3

MATERIAL ANEXO: No aplica.

PREMIO O DISTINCIÓN (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*): No aplica.

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

Español

Inglés

- | | |
|---------------------------------|-----------------------|
| 1. <u>Cortes de Perforación</u> | <u>Drill cuttings</u> |
| 2. <u>Aprovechamiento</u> | <u>Cuttings</u> |
| 3. <u>Ladrillos</u> | <u>Bricks</u> |
| 4. <u>Cemento</u> | <u>Cement</u> |
| 5. <u>Mampostería</u> | <u>Masonry</u> |
| 6. <u>Estabilización</u> | <u>Stabilization</u> |

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

En los últimos años la actividad de exploración y explotación de hidrocarburos en Colombia se ha intensificado, generando consigo volúmenes considerables de cortes de perforación, los cuales por sus características físico-químicas, en la mayoría de casos no son reincorporados en el proceso, convirtiéndose en desechos que posteriormente deben ser recolectados, tratados y dispuestos por compañías contratistas o por la misma compañía operadora según lo dispuesto por la licencia ambiental otorgada. Ante esta situación, se plantea la necesidad de proponer nuevas alternativas que difieran de lo convencional. Por lo tanto en el presente proyecto de grado, se propone como alternativa el aprovechamiento de cortes de perforación base agua para la fabricación de ladrillos y otras unidades de mampostería, los cuales pueden ser reutilizados como material de construcción y ser integrados a las políticas de Gestión Ambiental y Responsabilidad Social Empresarial de los beneficiarios de las licencias ambientales en las zonas de influencia de las operaciones de exploración y explotación de hidrocarburos en el país.

La investigación consistió en la recolección y posterior experimentación con los cortes de perforación generados en un pozo perforado y operado por ECOPETROL S.A. en Campo Castilla, del cual se mantiene en reserva su nombre y ubicación por políticas de confidencialidad de la empresa. El presente proyecto comprende un ámbito descriptivo, experimental y propositivo en el que se adoptan elementos teórico-prácticos de la ingeniería civil y de la ingeniería de petróleos, donde se busca por medio de las pruebas realizadas a los ladrillos, obtener las características físicas, químicas y mecánicas para luego realizar un análisis comparativo entre los resultados obtenidos y los consignados en las normas y reglamentos colombianos respecto a los ladrillos prefabricados convencionales. Los resultados obtenidos en laboratorios certificados por el IDEAM para pruebas de resistencia a la compresión, absorción, contenido de humedad, Procedimiento de Lixiviado para Característica de Toxicidad (TCLP), entre otras, permiten concluir que los ladrillos elaborados aplican para la fabricación de ladrillos en mampostería estructural y no estructural, cuyo

Vigilada mieducación



análisis de costos viabiliza técnica, económica y operativamente la producción de ladrillos de cortes-cemento frente a la fabricación de ladrillos prefabricados convencionales.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

In recent years the activity of hydrocarbons research in Colombia has intensified, generating considerable volumes of drill cuttings, which due to their physical and chemical characteristics, in most cases are not reincorporated in the process, becoming waste that must subsequently be collected, treated and disposed of by contractor companies or by the same operating company as provided by the environmental license approved. Given this situation, there is a need to propose new alternatives that differ from the conventional. Therefore, in the present project of degree, it is proposed as an alternative the use of water-based drill cuttings for the manufacture of bricks and other building materials units, which can be reused as construction material and be integrated into the corporate social and environmental responsibility management programs of the beneficiaries of the environmental licenses in the areas of influence of the operations of hydrocarbons research in the country.

The investigation consisted in the collection, and subsequent experimentation with the drill cuttings generated in a well drilled and operated by ECOPETROL S.A. in Campo Castilla, whose name and location are kept confidential due to the company's confidentiality policies. The present project includes a descriptive, experimental and propositive field in which theoretical-practical elements of civil engineering and petroleum engineering are adopted, where it is searched by means of the tests carried out on the bricks, to obtain the physical, chemical and mechanical characteristics, and then to carry out a comparative analysis between the results obtained and those consigned in the Colombian norms and regulations with respect to conventional prefabricated bricks. The results obtained in laboratories certified by the IDEAM for tests of Compressive strength, absorption, moisture content, Leaching Procedure for Toxicity Characteristics (TCLP), among others, allow to conclude that the bricks produced apply to the manufacture of bricks in structural and non-structural building materials, whose cost analysis technically, economically and operationally enables the production of cement-cut bricks as opposed to the manufacture of conventional prefabricated bricks.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Jurado: Roberto Vargas Cuervo

Firma:

Nombre Jurado: Haydeé Morales Mondragón

Firma:

**ALTERNATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DE CORTES DE
PERFORACIÓN BASE AGUA PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS Y
OTRAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA**

**JOHN HARRY RAMÍREZ SÁNCHEZ
HENRY GUSTAVO CHAVES GUTIÉRREZ**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA DE PETROLEÓS
NEIVA - HUILA
2018**

**ALTERNATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DE CORTES DE
PERFORACIÓN BASE AGUA PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS Y
OTRAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA**

**JOHN HARRY RAMÍREZ SÁNCHEZ
HENRY GUSTAVO CHAVES GUTIÉRREZ**

**Proyecto presentado al Comité de Proyectos de Grado del Programa de
Ingeniería de Petróleos**

Directora del Proyecto

**LUZ MARINA BOTERO ROJAS
Docente del Programa de Ingeniería de Petróleos
Universidad Surcolombiana**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA DE PETROLEÓS
NEIVA - HUILA
2018**

Nota de aceptación

Firma de la Directora

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Neiva – Huila, abril de 2018.

DEDICATORIAS

A Dios, primeramente, por darme la oportunidad de vivir, por sus bendiciones y por haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Gloria, por haberme apoyado en todo momento; por sus consejos, sus valores, por la motivación constante, pero más que nada, por su infinito amor y apoyo incondicional y por ser también mi motor de lucha.

A mi abuelita Leticia (q.e.p.d.) por ser como mi segunda madre, por sus enseñanzas, consejos y sus valores, además de sus constantes oraciones que me permitieron ser una buena persona. Su recuerdo siempre vivirá en mi corazón.

A mi tía Patricia y a mi abuelito Gustavo, por su gran apoyo, ayuda y comprensión desde que era un niño.

A mis compañeros de la Universidad Surcolombiana que a lo largo de todos estos años de estudios compartieron conmigo muchos momentos de angustia, estrés y preocupación, pero también muchos de alegría y satisfacción.

A mis profesores, aquellos que marcaron cada etapa de mi camino universitario y de los cuales aprendí mucho durante todo el proceso educativo.

Finalmente, a toda mi familia y a mis amigos por ser parte de mi vida.

Henry Gustavo Chaves Gutiérrez

Primeramente a Dios, que me permitió culminar con éxito esta hermosa etapa de mi vida en la cual he podido entender y valorar cada una de las bendiciones con las cuales Él me rodea.

A mi padre Jesús Antonio Ramírez Romero (Q.E.P.D.) fue un gusto y un honor caminar a tu lado y aprender con tu gran ejemplo de esfuerzo y dedicación.

A mi madre, María Betty Sánchez Carvajal, mujer fuerte y amorosa, gracias por todas las enseñanzas de vida.

A mi esposa Mayra Alejandra Trujillo, por ser esa grandiosa mujer que me ofrece su inmenso cariño, y me motiva a diario.

A mi hijo Juan Esteban Ramírez Trujillo motor de mi vida, su energía y gran nobleza siempre me motivan a ser una mejor persona.

A mis hermanas Jennifer Tatiana, Lizeth Vanessa y María Paula Ramírez Sánchez a quienes amo y de quienes me siento muy orgulloso.

Y a todos los demás miembros de mi familia, profesores y amigos que han aportado significativamente para que este logro sea una realidad.

John Harry Ramírez Sánchez

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos:

A Dios por guiarnos en el camino correcto y brindarnos la sabiduría necesaria para afrontar este arduo proceso de formación.

A la UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA, nuestra alma máter por habernos aceptado, ser parte de ella y abrirnos las puertas de su centro de estudios para poder realizar nuestra carrera, así como a los diferentes docentes que brindaron su conocimiento y apoyo para seguir adelante.

A nuestra directora de proyecto de grado Ing. Luz Marina Botero Rojas, por su ayuda constante y sus sabios consejos y recomendaciones para el desarrollo de la investigación.

A las profesoras Haydeé Morales Mondragón y Constanza Vargas Castellanos por su valioso apoyo para la consecución de éste proyecto de grado.

A ECOPETROL S.A. y al ingeniero John Jairo Plazas Horta por facilitarnos la información y la recolección de muestras necesarias para el desarrollo del proyecto de grado.

Al Ing. Jaime Bonilla y al Director de Laboratorio Carlos Andrés Cuscué de CONSTRUCCIONES SUMINISTROS LTDA., por sus valiosos aportes a esta investigación y por la prestación de los servicios de laboratorios para ensayos que fueron de gran utilidad para llevar a cabo esta investigación.

Y a todas aquellas personas que nos dieron la oportunidad de realizar este proyecto de grado, por su dedicación, colaboración y apoyo incondicional.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	18
ABSTRACT	19
INTRODUCCIÓN	20
1. GENERALIDADES	21
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
3. ALCANCE	23
4. OBJETIVOS	24
4.1. OBJETIVO GENERAL	24
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
5. MARCO TEÓRICO	25
5.1. GENERALIDADES DEL CAMPO CASTILLA	25
5.1.1. Cuenca de los Llanos Orientales	25
5.1.2. Historia del Campo Castilla	25
5.1.3. Localización Geográfica del Campo Castilla	28
5.1.4. Columna Estratigráfica Generalizada de la Cuenca de los Llanos Orientales	29
5.1.5. Manejo y Disposición de los Cortes de Perforación del Campo Castilla	31
5.1.6. Características de los Cortes de Perforación del Campo Castilla	31
5.1.7. Características Fisicoquímicas de los Cortes de Perforación del Campo Castilla	32
5.2. FLUIDO DE PERFORACIÓN	34
5.2.1. Funciones del Fluido de Perforación	35
5.3. CORTES DE PERFORACIÓN	36
5.3.1. Parámetros de Contaminación	36
5.3.1.1. Conductividad Eléctrica	37
5.3.1.2. Potencial de Hidrógeno (pH)	37
5.3.1.3. Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH – Total Petroleum Hydrocarbon)	37
5.3.1.4. Metales Pesados	37
5.3.2. Tratamientos de los Cortes de Perforación	38
5.3.2.1. Solidificación/Estabilización	38

5.3.2.2. Disposición en Piscinas	38
5.3.2.3. Encapsulamiento	39
5.3.2.4. Biorremediación	40
5.3.2.5. Desorción Térmica	41
5.3.2.6. Incineración	41
5.4. MARCO LEGAL	42
5.5. LADRILLOS Y OTRAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA	45
5.5.1. Generalidades de la Mampostería	45
5.5.2. Ladrillos de Cemento	45
5.5.2.1. Clasificación	47
5.5.2.2. Materiales	48
5.5.2.3. Tolerancias	51
5.5.2.4. Resistencia a la Compresión	52
5.5.2.5. Absorción de Agua	53
5.5.2.6. Contenido de Humedad	54
5.5.2.7. Acabado y Apariencia	55
5.5.2.8. Muestreo y Ensayo	55
5.6. FABRICACIÓN DE LADRILLOS A PARTIR DE CORTES DE PERFORACIÓN BASE AGUA	56
5.6.1. Componentes de la Mezcla	56
5.6.1.1. Cortes de Perforación	56
5.6.1.2. Cemento	57
5.6.1.3. Agua	57
5.6.2. Fabricación	58
6. METODOLOGÍA	60
6.1. RECOPIACIÓN, SELECCIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE	61
6.2. SELECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA REQUERIDA PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS	61
6.3. ELABORACIÓN DE LOS LADRILLOS	61
6.4. REALIZACIÓN DE PRUEBAS FISICO-MECÁNICAS A LOS LADRILLOS	67
6.4.1. Ensayos a los Cortes de Perforación	68
6.4.1.1. Procedimiento de Lixiviado para Característica de Toxicidad (TCLP)	68
6.4.2. Ensayos a los Ladrillos	68
6.4.2.1. Resistencia a la Compresión	68
6.4.2.2. Densidad	68
6.4.2.3. Absorción	69
6.4.2.4. Contenido de Humedad	69
6.4.3. Análisis e Interpretación de Resultados Obtenidos	69
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS	70
7.1. ENSAYO A LOS CORTES DE PERFORACIÓN	70

7.1.1. Procedimiento de Lixiviado para Característica de Toxicidad (TCLP)	70
7.2. ENSAYOS A LOS LADRILLOS	71
7.2.1. Resistencia a la Compresión	71
7.2.2. Densidad	74
7.2.3. Absorción	76
7.2.4. Contenido de Humedad	77
7.3. ANÁLISIS DE COSTOS DE LADRILLOS DE CORTES-CEMENTO	78
8. CONCLUSIONES	84
9. RECOMENDACIONES	86
BIBLIOGRAFÍA	87
ANEXOS	91
ANEXO A RESULTADO DE ANÁLISIS DE PROCEDIMIENTO TCLP PARA LOS CORTES DE PERFORACIÓN DEL POZO X	92
ANEXO B REPORTES DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE ESTUDIO	93
ANEXO C REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	102
ANEXO D NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4026 – INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA. UNIDADES (BLOQUES Y LADRILLOS) DE CONCRETO, PARA MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL	104
ANEXO E NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4076 – INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA. UNIDADES (BLOQUES Y LADRILLOS) DE CONCRETO, PARA MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL INTERIOR Y CHAPAS DE CONCRETO	115
ANEXO F NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4024 – PREFABRICADOS DE CONCRETO. MUESTREO Y ENSAYO DE CONCRETO NO REFORZADOS, VIBROCOMPACTADOS	124

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización de la Cuenca de los Llanos Orientales	26
Figura 2. Localización del Campo Castilla	28
Figura 3. Columna Estratigráfica de la Cuenca de los Llanos Orientales	30
Figura 4. Proceso de Perforación de Pozos de Petróleo	34
Figura 5. Esquema de una Piscina para la Disposición de Cortes de Perforación	39
Figura 6. Encapsulamiento de Cortes de Perforación	39
Figura 7. Ejemplo de un Proceso de Biorremediación	40
Figura 8. Proceso de Desorción Térmica	41
Figura 9. Proceso de Incineración	42
Figura 10. Unidades de Mampostería de Diferentes Materiales	46
Figura 11. Proceso de Fabricación de Ladrillos de Cemento	59
Figura 12. Proceso Metodológico	60
Figura 13. Proceso de Fabricación de Ladrillos de Cortes-Cemento	62
Figura 14. Curva de Carga de Rotura para cada Tiempo de Ensayo	74
Figura 15. Curva de Densidad Vs. Porcentaje de Cemento	76

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Características de los Cortes de Perforación Obtenidos en el Campo Castilla.	31
Cuadro 2. Tamaño del Corte Teniendo en Cuenta las Formaciones Consolidadas del Campo Castilla	32
Cuadro 3. Clasificación de los Sedimentos del Campo Castilla	33
Cuadro 4. Marco Legal para el Proyecto	43
Cuadro 5. Requisitos para el Contenido de Humedad en las Unidades de Mampostería Tipo I	48
Cuadro 6. Clasificación Según la Característica del Cemento	49
Cuadro 7. Requisitos de la Resistencia a la Compresión para Unidades de Mampostería Estructural	52
Cuadro 8. Requisitos de la Resistencia a la Compresión para Unidades de Mampostería No Estructural	53
Cuadro 9. Requisitos de Absorción de Agua y Clasificación del Peso para Unidades de Mampostería Estructural	53
Cuadro 10. Requisitos de Absorción de Agua y Clasificación del Peso para Unidades de Mampostería Estructural	54
Cuadro 11. Diseño de Mezclas para Ladrillos de Cortes – Cemento	65
Cuadro 12. Resultados del Procedimiento TCLP Para los Cortes de Perforación del Pozo X	70
Cuadro 13. Resultados de la Prueba de Resistencia a la Compresión de Ladrillos de Cortes-Cemento por cada Tiempo de Ensayo	73
Cuadro 14. Masas de los Ladrillos de acuerdo al Porcentaje de Cemento	75
Cuadro 15. Absorción de los Ladrillos de acuerdo al Porcentaje de Cemento	77
Cuadro 16. Contenido de Humedad de acuerdo al Porcentaje de Cemento	78
Cuadro 17. Análisis de Costos para Ladrillos Prefabricados Convencionales Macizos Tipo (M)	79
Cuadro 18. Análisis de Costos para Ladrillos de Cortes – 7,5% de Cemento	80
Cuadro 19. Análisis de Costos para Ladrillos de Cortes – 15% de Cemento	81
Cuadro 20. Análisis de Costos para Ladrillos de Cortes – 22,5% de Cemento	82
Cuadro 21. Análisis de Costos para Ladrillos de Cortes – 30% de Cemento	83

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Ubicación del Catch Tank en la Locación del Pozo X	63
Fotografía 2. Cortes de Perforación Sin Tamizar	64
Fotografía 3. Máquina para Moldeo y Compactación y Moldeo	66
Fotografía 4. Ladrillos Fabricados de Cortes-Cemento	67
Fotografía 5. Máquina Hidráulica de Compresión para la Realización del Ensayo	72

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Resultado del Análisis de Procedimiento (TCLP) para los Cortes de Perforación del Pozo X	92
Anexo B. Reportes de los Ensayos de Resistencia a la Compresión de los Especímenes de Estudio	93
Anexo C. Registro Fotográfico de los Ensayos de Resistencia a la Compresión	102
Anexo D. Norma Técnica Colombiana NTC 4026 – Ingeniería Civil y Arquitectura. Unidades (Bloques y Ladrillos) De Concreto, para Mampostería Estructural	104
Anexo E. Norma Técnica Colombiana NTC 4076 – Ingeniería Civil y Arquitectura. Unidades (Bloques y Ladrillos) de Concreto, para Mampostería No Estructural Interior y Chapas de Concreto	115
Anexo F. Norma Técnica Colombiana NTC 4024 – Prefabricados de Concreto. Muestreo y Ensayo de Concreto No Reforzados, Vibro compactados	124

GLOSARIO

Aglomerante: Son materiales capaces de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto por métodos exclusivamente físicos.

ANH: La Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) de Colombia administra los recursos de petróleo y gas con el objetivo de generar energía, ingresos para el Estado y actividad económica. Tiene la facultad de adjudicar áreas para exploración y producción de hidrocarburos.

ANLA: La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) de Colombia es la encargada de que los proyectos, obras o actividades sujetos de licenciamiento, permiso o trámite ambiental cumplan con la normativa ambiental, de tal manera que contribuyan al desarrollo sostenible del país.

Conglomerante: Material capaz de unir fragmentos de uno o varios materiales y dar cohesión al conjunto mediante transformaciones químicas en su masa que originan nuevos compuestos.

Curado: Es el proceso por el cual el concreto elaborado con cemento hidráulico madura y endurece con el tiempo, como resultado de la hidratación continua del cemento en presencia de suficiente cantidad de agua y de calor.

Detritos: Es el resultado de la descomposición de una masa sólida en partículas.

Efluente: Término empleado para nombrar a las aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por viviendas y/o industrias, generalmente a los cursos de agua o que se incorporan a estas por el escurrimiento de terrenos causado por las lluvias. Los productos tóxicos presentes en los efluentes son muy variados, tanto en tipo como en cantidad, y su composición depende de la clase de efluente que los genera. Los desechos que contienen los efluentes pueden ser de naturaleza química y/o biológica. En la Industria petroquímica los principales componentes de los efluentes son: hidrocarburos, plomo, mercurio, aceites, derivados fenólicos y nafténicos, residuos semisólidos, etc.

Floculación: Se define como una condición en la que las arcillas, los polímeros u otras partículas cargadas pequeñas se adhieren y forman una estructura frágil, un flóculo. En las lechadas de arcillas dispersas, la floculación se produce después de que la agitación mecánica cesa y las plaquetas de arcilla dispersas forman flóculos espontáneamente debido a la atracción entre las cargas negativas de los frentes y las cargas positivas de los bordes.

Fraguado: Proceso de solidificación y pérdida de la plasticidad inicial que tiene lugar en el hormigón, mortero, cemento, etc., por la desecación y cristalización.

Gravedad API: Escala de gravedad específica desarrollada por el Instituto Estadounidense del Petróleo (American Petroleum Institute - API) para medir la densidad relativa de diversos líquidos de petróleo, expresada en grados. La gravedad API está graduada en grados en un instrumento de hidrómetro y fue diseñada de manera tal que la mayoría de los valores quedaran entre 10° y 70° de gravedad API.

Hidraulicidad: Capacidad que presenta un conglomerante para fraguar en contacto con el agua.

ICONTEC: Es el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Es el Organismo Nacional de Normalización de Colombia. Entre sus labores se destaca la reproducción de normas técnicas y la certificación de normas de calidad para empresas y actividades profesionales. El ICONTEC es el representante de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), en Colombia.

IDEAM: El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) es una entidad del gobierno de Colombia dependiente del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Se encarga del manejo de la información científica, hidrológica, meteorológica y todo lo relacionado con del medio ambiente en Colombia.

IGAC: El Instituto Geográfico Agustín Codazzi es la entidad encargada de producir el mapa oficial y la cartografía básica de Colombia (es la agencia cartográfica nacional de Colombia), elaborar el catastro nacional de la propiedad inmueble, realizar el inventario de las características de los suelos, adelantar investigaciones geográficas como apoyo al desarrollo territorial, capacitar y formar profesionales en tecnologías de información geográfica y coordinar la infraestructura colombiana de Datos Espaciales.

Lixiviado: Es el fluido proveniente de la descomposición de los residuos, bien sea por su propia humedad, reacción, arrastre o disolución de un solvente o agua al estar en contacto con ellos. Los líquidos que se forman por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos sólidos y que contienen sustancias en forma disuelta o en suspensión que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositen residuos sólidos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua.

Método TCLP: El método Toxicity Characteristic Leaching Procedure conocido como test TCLP, es el test de lixiviación más conocido en el mundo. Desarrollado a fines de la década de los 80's en los Estados Unidos por la EPA (Environmental Protection Agency – por sus siglas en inglés) para cuantificar la extractabilidad de compuestos tóxicos como metales, compuestos orgánicos volátiles, semi-volátiles y pesticidas bajo un conjunto de condiciones de laboratorio. Es importante precisar que este método ha sido diseñado para determinar la característica de toxicidad por lixiviación de un compuesto tóxico sea este un residuo líquido, sólido o una mezcla de estas fases, simulando las condiciones de un vertido, a partir de un análisis practicado a una muestra del lixiviado o extracto del mismo, determinando el potencial de peligrosidad del residuo si el lixiviado del test contiene algún constituyente tóxico en concentraciones que igualen o superen la norma; en definitiva el procedimiento consiste en determinar la movilidad en el residuo de determinados constituyentes tóxicos con ayuda de algunas técnicas de laboratorio como la cromatografía de gases que permite hacer un análisis cuantitativo del toxico.

Mortero: El mortero es un compuesto de conglomerantes inorgánicos, agregados finos y agua, y posibles aditivos que sirven para pegar elementos de construcción tales como ladrillos, piedras, bloques de hormigón, etc. Además, se usa para rellenar los espacios que quedan entre los bloques y para el revestimiento de paredes. Los conglomerantes más comunes en la actualidad son los de cemento aunque históricamente han sido, la cal, la tierra y el yeso los más utilizados.

NTC: Normas Técnicas Colombianas.

Reología: Es la ciencia y el estudio de la deformación y el flujo de la materia. El término también se utiliza para indicar las propiedades de un líquido dado, como en la reología de los lodos. La reología es una propiedad sumamente importante de los lodos de perforación, los fluidos de perforación de yacimiento, los fluidos de reacondicionamiento y terminación, los cementos y los fluidos y píldoras especializadas. La reología del lodo se mide continuamente durante la perforación y se ajusta con aditivos o dilución para cumplir con las necesidades de la operación.

Sarta de Perforación: Son tuberías de acero de aproximadamente 10 metros de largo que se unen para formar un tubo desde la broca de perforación hasta la plataforma de perforación. El conjunto se gira para llevar a cabo la operación de perforación y también sirve de conducto para el lodo de perforación.

Terrones: Masa pequeña y suelta de tierra compacta u otras sustancias.

Torque: El torque puede entenderse como el momento de fuerza o momento dinámico. Se trata de una magnitud vectorial que se obtiene a partir del punto de aplicación de la fuerza. El torque hace que se produzca un giro sobre el cuerpo que lo recibe. La magnitud resulta propia de aquellos elementos donde se aplica torsión o flexión, como una viga o el eje de una máquina.

RESUMEN

En los últimos años la actividad de exploración y explotación de hidrocarburos en Colombia se ha intensificado, generando consigo volúmenes considerables de cortes de perforación, los cuales por sus características físico-químicas, en la mayoría de casos no son reincorporados en el proceso, convirtiéndose en desechos que posteriormente deben ser recolectados, tratados y dispuestos por compañías contratistas o por la misma compañía operadora según lo dispuesto por la licencia ambiental otorgada. Ante esta situación, se plantea la necesidad de proponer nuevas alternativas que difieran de lo convencional. Por lo tanto en el presente proyecto de grado, se propone como alternativa el aprovechamiento de cortes de perforación base agua para la fabricación de ladrillos y otras unidades de mampostería, los cuales pueden ser reutilizados como material de construcción y ser integrados a las políticas de Gestión Ambiental y Responsabilidad Social Empresarial de los beneficiarios de las licencias ambientales en las zonas de influencia de las operaciones de exploración y explotación de hidrocarburos en el país.

La investigación consistió en la recolección y posterior experimentación con los cortes de perforación generados en un pozo perforado y operado por ECOPETROL S.A. en Campo Castilla, del cual se mantiene en reserva su nombre y ubicación por políticas de confidencialidad de la empresa. El presente proyecto comprende un ámbito descriptivo, experimental y propositivo en el que se adoptan elementos teórico-prácticos de la ingeniería civil y de la ingeniería de petróleos, donde se busca por medio de las pruebas realizadas a los ladrillos, obtener las características físicas, químicas y mecánicas para luego realizar un análisis comparativo entre los resultados obtenidos y los consignados en las normas y reglamentos colombianos respecto a los ladrillos prefabricados convencionales. Los resultados obtenidos en laboratorios certificados por el IDEAM para pruebas de resistencia a la compresión, absorción, contenido de humedad, Procedimiento de Lixiviado para Característica de Toxicidad (TCLP), entre otras, permiten concluir que los ladrillos elaborados aplican para la fabricación de ladrillos en mampostería estructural y no estructural, cuyo análisis de costos viabiliza técnica, económica y operativamente la producción de ladrillos de cortes-cemento frente a la fabricación de ladrillos prefabricados convencionales.

Palabras Clave: Cortes de perforación, aprovechamiento, ladrillos, cemento, mampostería, estabilización.

ABSTRACT

In recent years the activity of hydrocarbons research in Colombia has intensified, generating considerable volumes of drill cuttings, which due to their physical and chemical characteristics, in most cases are not reincorporated in the process, becoming waste that must subsequently be collected, treated and disposed of by contractor companies or by the same operating company as provided by the environmental license approved. Given this situation, there is a need to propose new alternatives that differ from the conventional. Therefore, in the present project of degree, it is proposed as an alternative the use of water-based drill cuttings for the manufacture of bricks and other building materials units, which can be reused as construction material and be integrated into the corporate social and environmental responsibility management programs of the beneficiaries of the environmental licenses in the areas of influence of the operations of hydrocarbons research in the country.

The investigation consisted in the collection, and subsequent experimentation with the drill cuttings generated in a well drilled and operated by ECOPETROL S.A. in Campo Castilla, whose name and location are kept confidential due to the company's confidentiality policies. The present project includes a descriptive, experimental and propositive field in which theoretical-practical elements of civil engineering and petroleum engineering are adopted, where it is searched by means of the tests carried out on the bricks, to obtain the physical, chemical and mechanical characteristics, and then to carry out a comparative analysis between the results obtained and those consigned in the Colombian norms and regulations with respect to conventional prefabricated bricks. The results obtained in laboratories certified by the IDEAM for tests of Compressive strength, absorption, moisture content, Leaching Procedure for Toxicity Characteristics (TCLP), among others, allow to conclude that the bricks produced apply to the manufacture of bricks in structural and non-structural building materials, whose cost analysis technically, economically and operationally enables the production of cement-cut bricks as opposed to the manufacture of conventional prefabricated bricks.

Keywords: Drill cuttings, use, bricks, cement, masonry, stabilization, Compressive strength.

INTRODUCCIÓN

Hasta hace un par de años, la industria de los hidrocarburos enfrentaba grandes retos debido a la búsqueda de nuevas reservas y a la optimización del recobro en los yacimientos existentes, lo que había generado la adjudicación de nuevos bloques exploratorios que incrementarían la actividad por parte de las compañías operadoras y prestadoras de servicios. Hoy en día, a Colombia le ha llegado el tiempo de reconocer que no todos los periodos económicos son iguales, y que la caída en el precio de las materias primas (en especial del petróleo) es una realidad que podría estar presente por un buen tiempo. En consecuencia, dicho panorama plantea un gran reto y a la vez una oportunidad para poder evaluar algunos aspectos importantes en la industria como el de prevenir, minimizar o mitigar los impactos ambientales y la necesidad de evaluar los efectos generados por la industria de los hidrocarburos en el ambiente, además de proponer soluciones ajustadas a las regulaciones ambientales vigentes y a los avances tecnológicos disponibles.

Uno de los procesos más complejos y la vez que representa mayores retos en el proceso de perforación, tiene que ver con el tratamiento de los recortes de rocas y del subsuelo provenientes de las formaciones perforadas; éstos son llevados a la superficie mediante la circulación del fluido de perforación y posteriormente se realiza un proceso donde se separan con dispositivos mecánicos, el lodo utilizable, los recortes de perforación y las aguas residuales industriales. El fluido recuperado se puede reutilizar sin ningún tratamiento mezclándolo con lodo fresco para su posterior recirculación en el proceso de perforación, pero los desechos, que consisten en una mezcla de recortes de rocas y fluido de perforación, son básicamente material geológico que generalmente se desecha y debe ser tratado y dispuesto según el programa de gestión de residuos de perforación y de acuerdo a la normatividad ambiental establecida en cada país, algunos de estos tratamientos son la solidificación, disposición en piscinas, encapsulamiento, biorremediación, desorción térmica, la incineración, confinamiento.

En Colombia la legislación ambiental en cabeza del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) establecen diversos tratamientos que pueden ser realizados directamente por los beneficiarios de las licencias ambientales (compañías operadoras) o a través de la contratación de compañías especializadas que cuentan con los respectivos permisos.

De acuerdo con lo anterior, el presente proyecto busca generar una alternativa viable y sostenible para el aprovechamiento de los recursos minerales generados en las operaciones de perforación de pozos, mediante el desarrollo de un proceso que permita la fabricación de ladrillos y otras unidades de mampostería. Teniendo en cuenta las regulaciones colombianas para la fabricación de estos productos.

1. GENERALIDADES

El análisis de los de los fluidos de perforación, tal como su composición, concentraciones y características físico-químicas, permite conocer qué método implementar al momento de tratar los cortes de perforación. La alternativa entre todas las opciones para el tratamiento de estos desechos, depende de los parámetros establecidos en Colombia para las actividades hidrocarburíferas por parte de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR's), las cuales regulan la cantidad de desechos a disponer, el área asignada para la disposición y el tipo de tratamiento indicado según sea el caso.

La mayoría de los cortes de perforación en tierra se eliminan en el sitio de la fuente donde se generaron, sin embargo, algunos de estos se envían fuera de las instalaciones a sitios de eliminación comerciales. En plataformas costa afuera, la mayoría de los lodos base agua y los recortes, además de los compuestos de base sintética, se descargan en el océano y cualquier corte base aceite generado debe ser traído a tierra para su eliminación o para ser inyectado bajo tierra. En términos generales, en Colombia el método más usado para la disposición final de los residuos de los fluidos de perforación, consiste en depositarlos en algunas “piscinas” las cuales están recubiertas de una geomembrana que impide el traspaso de líquidos y sustancias tóxicas hacia el subsuelo.

A pesar de la existencia de varios métodos para la disposición de éstos desechos, muchas veces éstas modalidades generan sobrecostos y la inversión en tecnología y su implementación, suele resultar muy costosa, algo que muchas compañías no están en la capacidad de asumir y menos aun teniendo en cuenta la realidad que se enfrenta hoy en día la industria con la baja en los precios del crudo a nivel mundial.

Teniendo en cuenta que los cortes de perforación base agua representan un problema latente en la industria debido a los altos costos que constituyen el tratamiento y la disposición final, además de los riesgos ambientales que se pueden generar cuando éstos no son manejados debidamente como lo contemplan las normas y estándares establecidos por las autoridades competentes en el país, cualquier alternativa innovadora, viable y sostenible debe ser analizada y comprobada a fondo con el fin de mitigar las problemáticas derivadas en todo el proceso.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dada la creciente demanda de hidrocarburos y los grandes retos que se ha planteado la economía nacional para garantizar la autosuficiencia energética y los desafíos que conlleva la adjudicación de nuevos bloques exploratorios, las regulaciones ambientales se hacen cada vez más estrictas en nuestro país, lo que hace necesaria la búsqueda de nuevas técnicas que permitan el aprovechamiento de los recursos minerales provenientes de las actividades de perforación de pozos de petróleo.

Actualmente en nuestro país las regulaciones de las autoridades ambientales permiten la realización de diversos tratamientos a los desechos asociados a las operaciones de perforación, dentro de los cuales se incluyen el enterramiento en la locación (estabilización, solidificación y posterior encapsulación), la incineración, el vertimiento controlado, la reinyección en pozos de disposición, la desorción térmica indirecta y la biorremediación, los cuales se pueden realizar directamente por la compañía operadora o a través de empresas especializadas que cuenten con los permisos ambientales requeridos para el desarrollo de este tipo de actividades. Dichos tratamientos han sido ampliamente estudiados y debatidos por la industria del petróleo a nivel mundial durante años, debido a los altos costos que pueden conllevar estos procesos y al impacto negativo que pueden generar en el ambiente.

Teniendo en cuenta que los cortes de perforación base agua representan un problema latente por los altos costos de tratamiento y disposición final de estos desechos, además de los riesgos ambientales que pueden generarse cuando éstos no son manejados debidamente como lo contemplan las normas y estándares establecidos por las autoridades competentes en el país, se plantea el aprovechamiento de los cortes de perforación de pozos para la fabricación de ladrillos y/o bloques de construcción como una alternativa viable y sostenible que además pueda contribuir con el desarrollo sostenible de las comunidades en las zonas de influencia de los proyectos extractivos.

3. ALCANCE

En este proyecto se presentan los resultados obtenidos mediante pruebas realizadas a los cortes de perforación base agua provenientes de un pozo para el aprovechamiento de éstos, por medio de la fabricación de ladrillos. El estudio planteó una estrategia viable para minimizar el impacto ambiental generado por los métodos de disposición utilizados actualmente, además de proponer una alternativa para el procesamiento de los cortes de perforación, teniendo en cuenta la normatividad aplicable en Colombia en términos de seguridad, ambiente y calidad.

Los cortes de perforación utilizados para el desarrollo del presente estudio fueron suministrados por la compañía operadora del Campo Castilla, correspondiente al Bloque CPO-09 de ECOPETROL S.A., ubicado en el área de Acacias en el departamento del Meta (Colombia). El proceso de elaboración se llevó a cabo en la ciudad de Neiva (Huila), la cual presenta una humedad relativa del 67% (promedio anual) y la temperatura promedio es de 27,7°C. Los ensayos experimentales se realizaron durante los meses de julio a octubre del año 2017, donde las precipitaciones por lo general son menores, pero sin variar mucho la temperatura promedio anual de la ciudad. Los ensayos realizados fueron el estudio de resistencia a la compresión y a la absorción de agua, estos resultados variaron según el porcentaje de la mezcla (cemento y cortes de perforación) que se utilizó en la elaboración de los ladrillos.

Una vez se realizaron los ensayos, se procedió a cuantificar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos, esta información se comparó con los requerimientos establecidos en las normas vigentes para este estudio. Además, se presentó un informe con los resultados obtenidos en los diferentes ensayos realizados y posteriormente, se efectuó el análisis comparativo de las características observadas en los diferentes tipos de ladrillos con distintas proporciones de cortes-cemento y sus similitudes, para posteriormente, concluir cuáles fueron las proporciones de diseño de mezcla adecuadas para que los ladrillos cumplieran con la normatividad colombiana.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Plantear una alternativa viable y sostenible para el aprovechamiento de los cortes de perforación base agua generados en las operaciones de perforación de pozos mediante el proceso de fabricación de ladrillos y otras unidades de mampostería.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reconocer los sistemas tradicionales aplicados en la industria para el tratamiento y disposición de los recortes base agua generados en los procesos de perforación.
- Identificar la composición litológica y mineralógica de los cortes de perforación base agua generados en la industria para analizar y determinar la composición más apropiada.
- Realizar la formulación del diseño de mezcla más adecuado teniendo en cuenta la caracterización físico-química de los cortes de perforación base agua.
- Desarrollar los ensayos que permitan determinar las propiedades físicas requeridas.
- Establecer una alternativa diferente, técnica y económicamente viable para el uso, aprovechamiento y explotación de los recursos minerales generados en las operaciones de perforación.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. GENERALIDADES DEL CAMPO CASTILLA

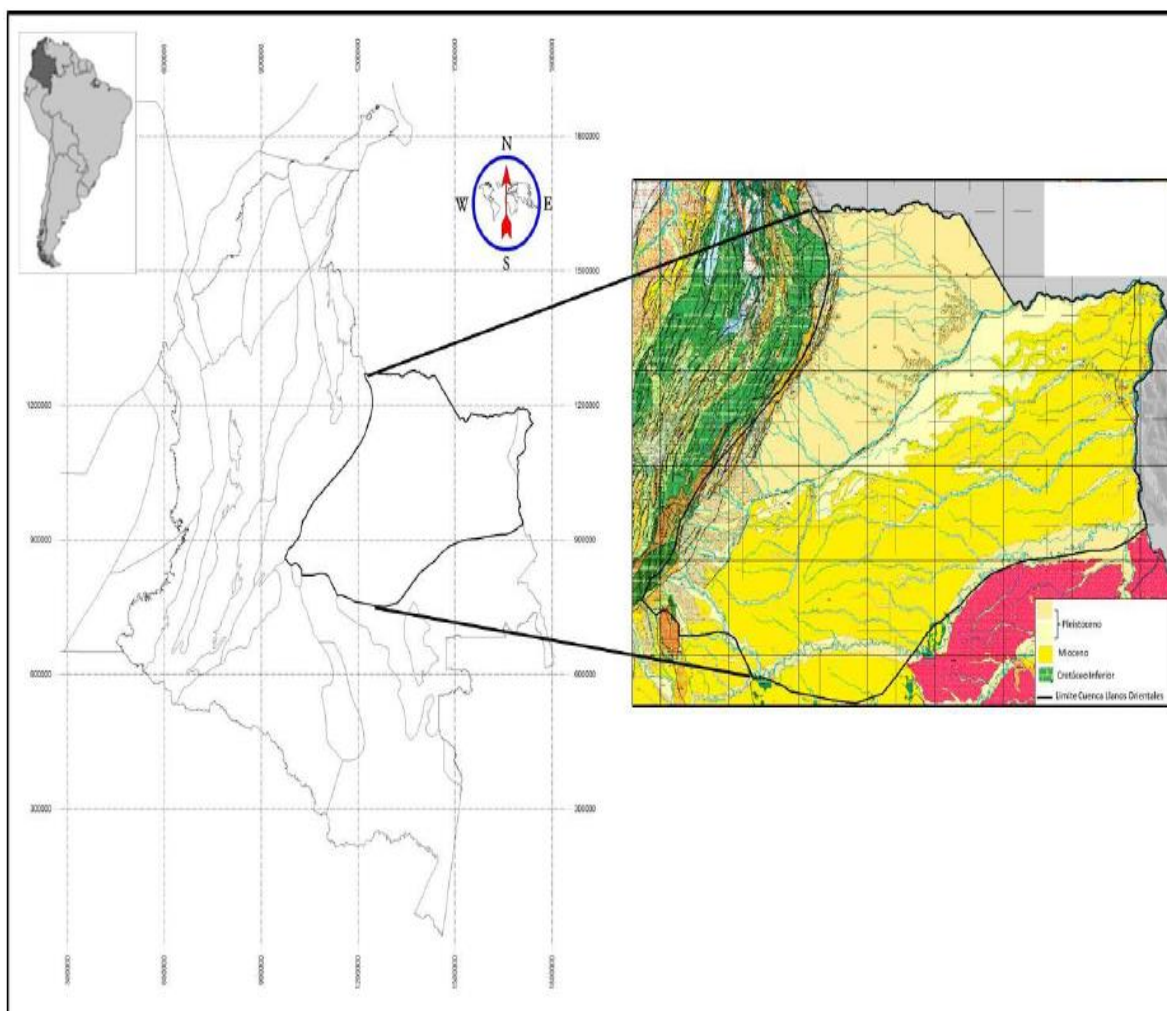
En el presente capítulo se expondrán las generalidades del Campo Castilla, se describirá la geología de la Cuenca de los Llanos Orientales, la ubicación del Campo Castilla en la cuenca y su estratigrafía. Por último, se explica el sistema de manejo de control de sólidos usado en dicho campo y su respectivo proceso.

5.1.1. Cuenca de Los Llanos Orientales. La Cuenca de los Llanos Orientales se ubica en la parte norte de las cuencas subandinas que se desarrollan al lado este de los Andes, desde Argentina en el sur, hasta Venezuela al norte. Esta cubre un área aproximada de 190.000 km² y geográficamente se divide en tres subcuencas principales: Una zona norte (Arauca), una parte Central (Casanare), y Apiay-Ariari en el departamento del Meta. La cuenca está limitada al oeste por el Piedemonte de la Cordillera Oriental, al este por el Escudo Precámbrico de Guyana, al sur por la Serranía de La Macarena y el arco de basamento del Vaupés. En la Figura 1 se observa la ubicación geográfica de la Cuenca de Los Llanos Orientales.

5.1.2. Historia del Campo Castilla. El Campo Castilla fue explorado por primera vez en el año 1944 gracias a campañas exploratorias realizadas por empresas como SHELL, INTERCOL, TEXACO y CHEVRON. Ésta última, después de diferentes campañas de sísmica 2D, obtuvo resultados positivos. Posteriormente, bajo el Contrato de Concesión Cubarral que comprendía un área de 97.450 hectáreas, la empresa CHEVRON PETROLEUM COMPANY descubrió el Campo Castilla en el año 1969 con el Pozo Castilla-1, con una profundidad final de 7.347 pies, aportando crudo de 10^o API en la Formación Mirador y 13,7^o API en la Formación Guadalupe. Sin embargo, las características del crudo y las deficiencias en infraestructura dificultaban el transporte del petróleo, razón por la cual el campo no inició comercialización del activo hasta el año 1976.

Posteriormente, la empresa CHEVRON PETROLEUM COMPANY entregó el área en concesión al Ministerio de Minas y Energía y procedió a firmar el primer contrato de asociación del país con la Empresa Colombiana de Petróleos (hoy ECOPETROL S.A.). Este contrato comprendió un periodo de evaluación de un año y un periodo de explotación de 25 años. Para ese momento (1975) el crudo del Campo Castilla se comercializaba como combustible industrial (reemplazando el Fuel Oil o aceite combustible) y asfalto para carreteras mediante el Contrato de Asociación entre la Empresa Colombiana de Petróleos y CHEVRON PETROLEUM COMPANY (50% - 50%).

Figura 1. Localización de la Cuenca de los Llanos Orientales.



Fuente. Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH)

Bajo este mismo contrato ECOPETROL S.A. entre los años 1988 y 1989, perforó dos pozos exploratorios llamados Castilla Norte-1 y Castilla Este-1. Estos obtuvieron éxito encontrando petróleo en la Formación Mirador a profundidades aproximadas de 6.660 y 7.150 pies respectivamente. Tal descubrimiento, junto con el primer pozo perforado en 1969 (Castilla-1), permitió dividir el campo en tres áreas operativas llamadas Castilla, Castilla Este y Castilla Norte.

A raíz del descubrimiento de estas nuevas áreas operativas, la producción del campo aumentó llegando a 17.000 barriles de petróleo por día (BOPD), aproximadamente. Dicha producción de crudo llegó al mercado a satisfacer la demanda en las industrias, especialmente para su uso como combustible en calderas. Sin embargo, la expedición del Decreto 94 en el año 1995, que prohibió el uso de calderas de combustión por motivos ambientales, generó una disminución del consumo de crudo. Es por esta razón que se comenzó a utilizar el crudo del Campo Castilla como materia prima para producir la mezcla conocida como *Chichimene Blend*, que permitió el envío del crudo del campo hacia la Estación Apiay para transportarlo a los respectivos procesos de refinación.

Terminado el periodo de 25 años de explotación del contrato, el Campo Castilla ya tenía perforados treinta y nueve (39) pozos. El 30 de enero del año 2000, en cumplimiento con la cláusula 24 del contrato, ECOPETROL S.A. asumió directamente la operación del área, cuya producción reportada era de 29.000 BOPD. Sin embargo, ECOPETROL S.A. contrató a la empresa CHEVRON como prestador de servicios para operar el Campo durante seis meses más. De esta manera, ECOPETROL S.A. asumió directamente la operación del campo el 31 de Julio del año 2000.¹

Para el año 2002, se adquirió un bloque de sísmica 3D de 118 Km² que permitió definir de mejor manera la falla límite del modelo estructural y ampliar el área productiva del campo en dirección norte. Adicionalmente, se estableció el modelo estático que permitió redefinir los tipos de roca para las unidades principales del yacimiento, las formaciones del cretácico definidas operacionalmente como Formación K1 y Formación K2.

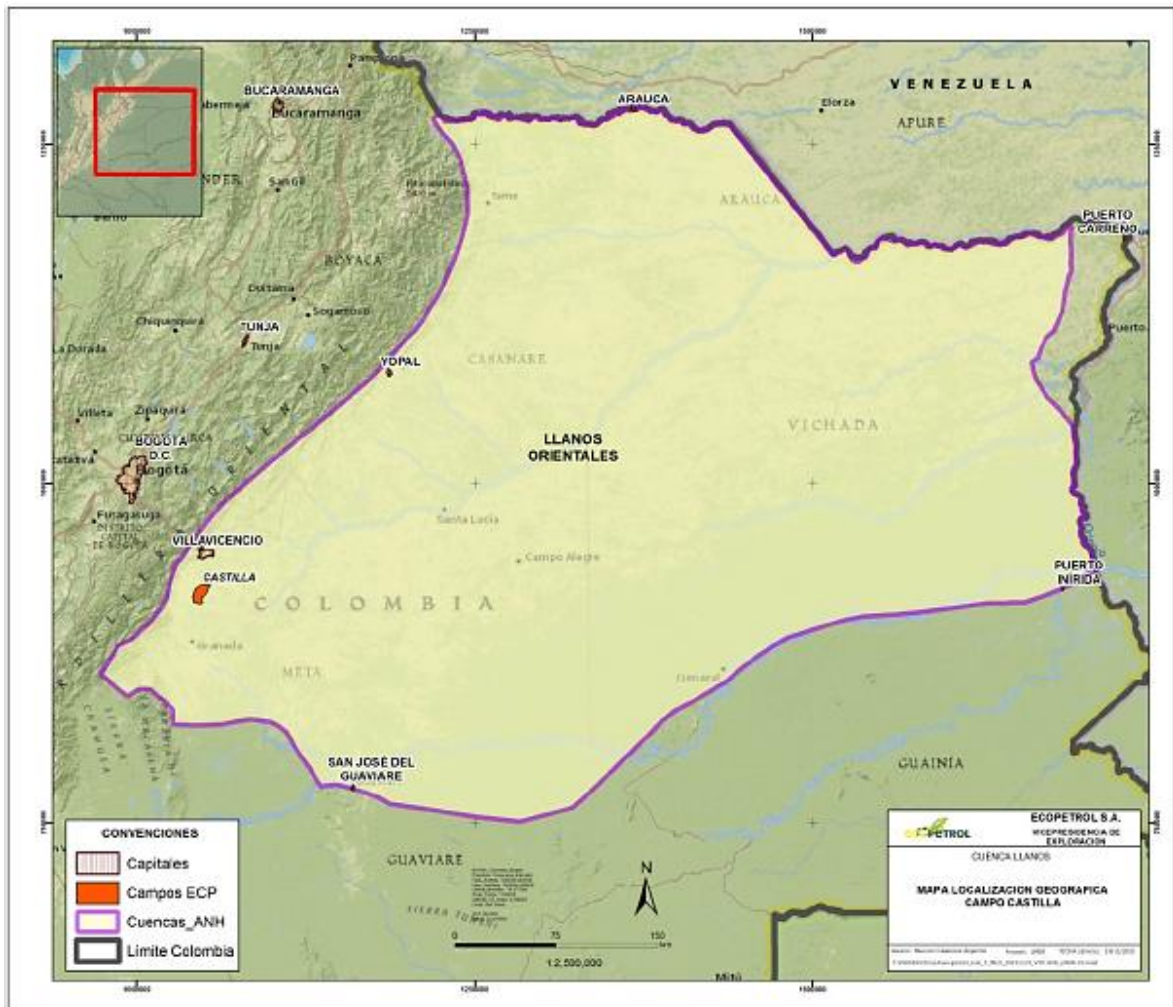
El campo en febrero del año 2016, reportó una producción total de 129.538 BOPD entre las áreas operativas Castilla, Castilla Este y Castilla Norte. Éste se ha convertido en uno de los principales campos de producción de hidrocarburos del país y por lo tanto se ha posicionado como un yacimiento de gran importancia para Colombia y para ECOPETROL S.A.²

¹ EL TIEMPO. Noticia: "Ecopetrol, Ahora Única Dueña de Cubarral". Bogotá D.C. 29 enero de 2000.

² ECOPETROL S.A. Boletín de Prensa: "Campo de Producción Castilla Alcanzó Nuevo Récord de Producción. Disponible en: <http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/nuestra-empresa/sala-de-prensa/boletines-de-prensa/Boletines%202015/Boletines%202015/Campo-produccion-Castilla-alcanzo-nuevo-record-produccion>. 2016. Modificado por los autores.

5.1.3. Localización Geográfica del Campo Castilla. El Campo Castilla se encuentra localizado en la Cuenca Llanos Orientales, la cual está ubicada en el departamento del Meta, aproximadamente a 30 Km al sur de la ciudad de Villavicencio, bajo la jurisdicción de los municipios de Acacías y Castilla La Nueva, como se muestra en la Figura 2. Según la ANH, las coordenadas geográficas del Campo Castilla son Latitud: 3°49'59" Norte y Longitud: 73°40' 59" Oeste³. Para llegar al campo desde la ciudad de Villavicencio, se deben recorrer 60 Km por la vía Villavicencio-Acacías-Guamal-Castilla La Nueva⁴.

Figura 2. Localización del Campo Castilla.⁵



Fuente. ECOPETROL S.A. Cuenca Llanos

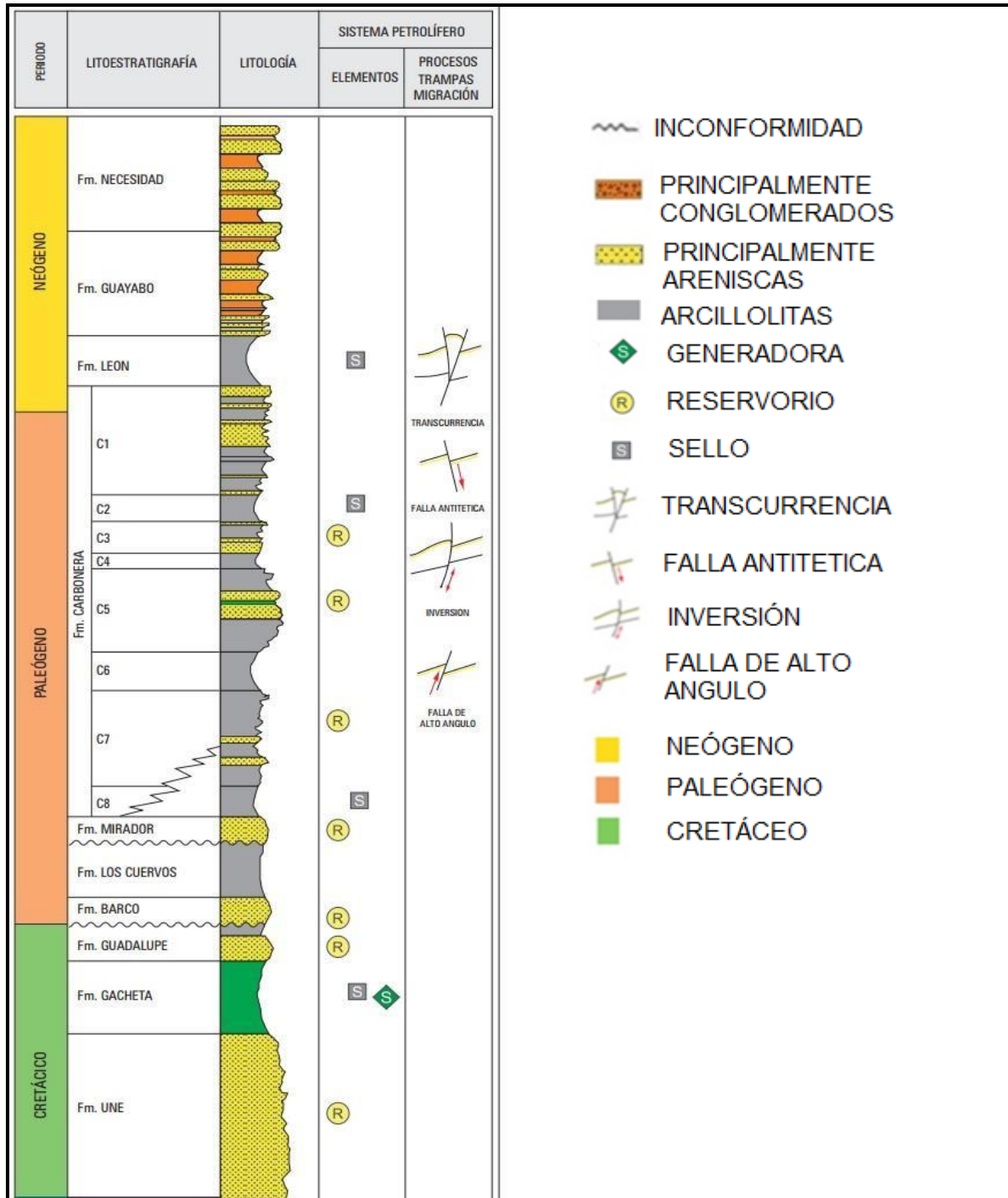
³ AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH). "Colombian Sedimentary Basins". Pág. 26. Bogotá, 2013.

⁴ RODRIGUEZ OTAVO, Alba Enith, "Estudios de Control de Pozos Durante las Operaciones de Mantenimiento y *Workover* en el Campo Apiay y Castilla la Nueva". Universidad Industrial de Santander (UIS), Bucaramanga, 2008.

⁵ Tomado de: ECOPETROL S.A. "Cuenca Llanos: Mapa Localización Geográfica Campo Castilla". Colombia, 2016.

5.1.4. Columna Estratigráfica Generalizada de la Cuenca de los Llanos Orientales. La Cordillera Oriental expone un basamento filítico cubierto por areniscas y arcillolitas del Paleozoico superior. Al este de la Cordillera Oriental en la Cuenca Ante País de los Llanos Orientales, el basamento filítico andino es reemplazado por un basamento cristalino (Escudo de Guyana), aunque la secuencia del Paleozoico superior no ha sido reportada en las perforaciones cercanas al frente montañoso. En las Rocas sedimentarias Cretácicas de la Cordillera Oriental y la Cuenca Ante País de los Llanos Orientales, hay una gran diferencia de espesor de 7 Km en la Cordillera Oriental disminuyendo su espesor hacia el este. La mayoría de los estratos del Cenozoico han sido removidos por la erosión en los principales altos del basamento en el piedemonte de la Cordillera Oriental. Sin embargo, en la parte este del piedemonte, se exponen areniscas continentales y arcillolitas del Paleozoico-Eoceno que corresponden a las Formaciones (Barco, Los Cuervos, y Mirador). Estos estratos son reemplazados por una secuencia de areniscas deltaicas a marinas proximales y arcillolitas del Oligoceno inferior al Mioceno y se conocen como la Formación Carbonera. Sobre esta unidad se encuentra la arcillolita de la Formación León, el cual constituye un horizonte continuo que muestra el último evento depositacional marino en el área. La Formación León la infrayace una sucesión de estratos de areniscas continentales y conglomerados agrupados en la Formación Guayabo del Mioceno superior. Finalmente, conglomerados y areniscas han sido depositados en la Formación Guayabo superior desde el Plioceno hasta la actualidad. Una ilustración de la columna estratigráfica se puede observar en la Figura 3:

Figura 3. Columna Estratigráfica de la Cuenca de los Llanos Orientales.⁶



Fuente. Fundación Universidad de América, Bogotá D.C.

⁶ Tomado de: ESPINOSA, Paula A., GÓNGORA, Andrés F. "Aplicación de una Metodología Propuesta para el Diagnóstico y el Análisis de las Causas Raíz de los Problemas Operacionales Durante la Perforación de Pozos en el Campo Castilla". Pág. 29. Fundación Universidad de América, Bogotá D.C., 2016.

5.1.5. Manejo y Disposición de los Cortes de Perforación del Campo Castilla.

El manejo de los cortes de perforación en el Campo Castilla, inicia una vez el lodo sale del pozo y es dirigido al sistema de remoción primario de control de sólidos, compuesto por dos zarandas primarias y tres secundarias; estos equipos remueven los cortes más grandes que se encuentran en el lodo (mayores a 75 micrones); posterior a este se encuentra el sistema de remoción secundario, compuesto por desarenadores, desarcilladores y centrífugas. Estos equipos se encargan de la remoción de las partículas más finas del lodo (menores a 75 micrones). Cada unidad descarga los sólidos a una línea que lleva los cortes retirados a un tanque de residuos llamado *Catch Tank*, en dichos tanques también se hace la recolección de los cortes descartados en la unidad de deshidratación o *dewatering* los cuales son secados y mezclados con cal para estabilizar el pH y poderlos disponer según lo establecido en la licencia ambiental.

5.1.6. Características de los Cortes de Perforación del Campo Castilla. Las características de los cortes de perforación del Pozo X⁷, fueron proporcionadas por ECOPETROL S.A. y se muestran en el cuadro 1. Estas caracterizaciones fueron realizadas después de que los cortes salieran de la unidad de deshidratación. Se tendrá en cuenta principalmente el porcentaje de humedad, ya que el objetivo fundamental del sistema de control de sólidos es recuperar la mayor cantidad posible de fluido de perforación proveniente de los cortes.

Cuadro 1. Características de los Cortes de Perforación Obtenidos en el Campo Castilla.

CARACTERIZACIÓN	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
TEXTURA	Arena	% en peso	17,1
	Arcilla	% en peso	20,2
	Limo	% en peso	62,7
	Clase textural	-	Limo arenoso
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	Humedad a 105°C	% en peso	1,11
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	pH	-	10,5
	Carbonatos	meq/L	32,2
	Cloruros	mg Cl-/kg	68
	Sulfatos	mg SO ₄ ⁻ /kg	57
	Carbono Orgánico Total	mg/kg	8651

Fuente. ECOPETROL S.A.

⁷ La ubicación específica y el nombre del pozo donde se recolectaron los recortes se mantiene en reserva por políticas de confidencialidad de ECOPETROL S.A.

En el Cuadro 1 se muestran las características de los cortes de perforación una vez han pasado por el sistema de control de sólidos y la unidad de floculación conocida como *dewatering* que actualmente se utiliza en el Campo Castilla, mostrando que se tiene un porcentaje de humedad mayor al 1%.

5.1.7. Características Fisicoquímicas de los Cortes de Perforación del Campo Castilla. En ésta sección se tomarán como referencia las características físico-químicas de los cortes de perforación obtenidos en la perforación del Pozo X. Es necesario tener en cuenta las características de la roca obtenida del subsuelo, esto depende de la formación (componentes del suelo) y de sus características.

El tamaño del grano de cada uno de los componentes tiene un rango que se debe tener en cuenta para determinar el tamaño de corte obtenido.

Cuadro 2. Tamaño del Corte teniendo en cuenta las Formaciones Consolidadas del Campo Castilla.

TAMAÑO DEL GRANO	TAMAÑO DEL CORTE (mm)
Medio - Grueso	>1
Fino - Medio	2,5 - 1
Muy Fino - Fino	5 - 2,5
Muy Fino	10 - 5

Fuente. Agencia Nacional de Hidrocarburos

En el Cuadro 2 se muestra la clasificación de los cortes de perforación del Pozo X según el tamaño de grano y se puede evidenciar que entre más consolidada es la formación y un mayor tamaño de grano, genera tamaños de corte más pequeños.

Cuadro 3. Clasificación de los Sedimentos del Campo Castilla.⁸

CLASIFICACIÓN DE LOS SEDIMENTOS		
LÍMITE DE CLASE (mm)	TAMAÑO	TÉRMINO DE ROCA
>256	Peñasco	Conglomerado Brecha Rudita Rocas Rudáceas
16 a 256	Matatenas	
4 a 16	Gujarros	
2 a 4	Gránulos	
1 a 2	Arena Muy Gruesas Arena Gruesa Arena Mediana Arena Fina	Arenisca Arenita Rocas Arenáceas
0,5 a 1		
0,25 a 0,5		
0,125 a 0,25		
0,00625 a 0,125		
0,0312 a 0,0625	Limo Grueso	Limolitas
0,0156 a 0,0312	Limo Medio	Limolitas
0,0078 a 0,0156	Limo Fino	
0,0039 a 0,0078	Limo Muy Fino	
<0,0039	Arcilla	Lutitas

Fuente. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediment

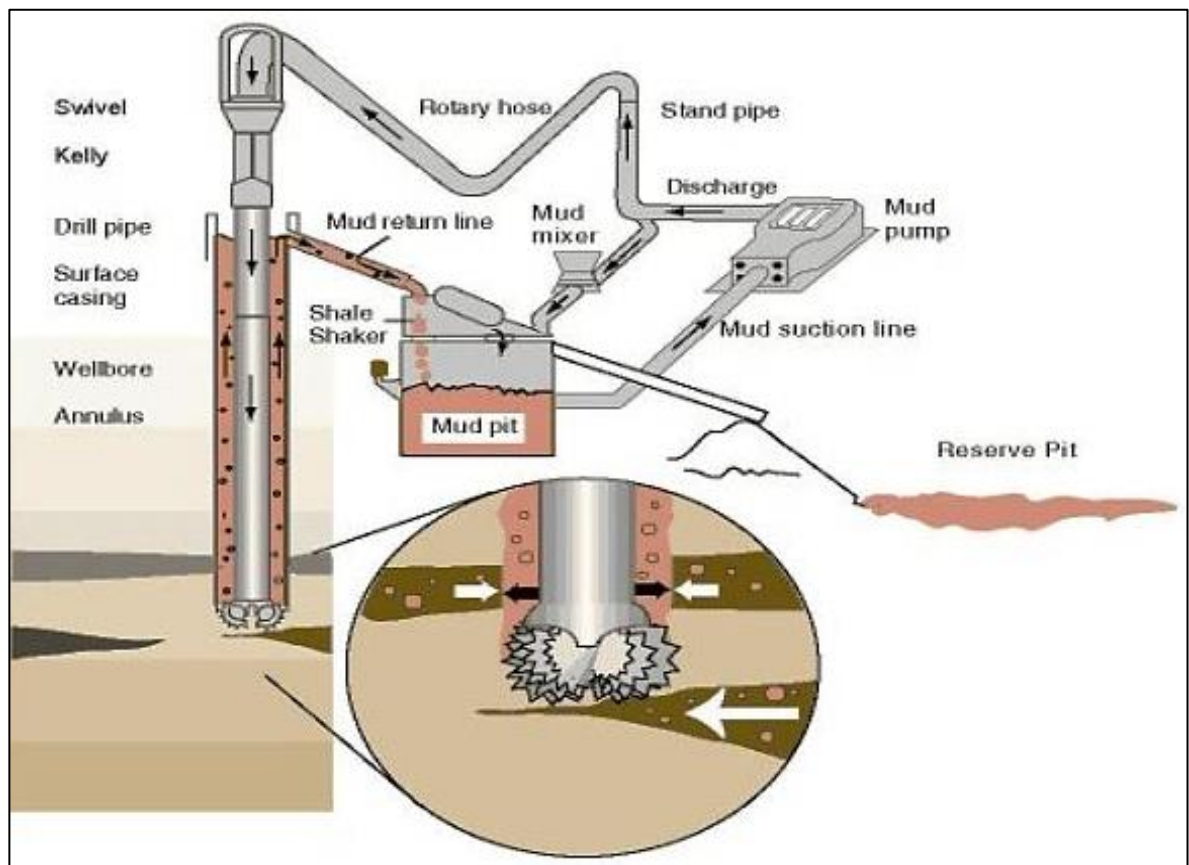
En el Cuadro 3 se muestra la clasificación de los granos según su tamaño y de acuerdo a la litología de estudio, se observa que los granos de interés poseen un tamaño de un rango de 0,0039 a 0,25 mm.

⁸ Tomado de: WENTWORTH, Chester. "A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediment", Vol. 30.1922.

5.2. FLUIDO DE PERFORACIÓN

El fluido de perforación es una “suspensión coloidal en base a una mezcla de arcillas, agua y productos químicos utilizados en las operaciones de perforación rotatorias”.⁹ Este fluido generalmente se le denomina como “lodo de perforación” y es circulado en forma continua hacia abajo por la sarta de perforación (tubería de perforación) y hacia arriba hasta la superficie por el espacio anular que hay entre la sarta de perforación y las paredes del pozo. Dicho proceso se ilustra en la siguiente figura:

Figura 4. Proceso de Perforación de Pozos de Petróleo.



Fuente. <https://es.slideshare.net/MagnusMG/perforacion-de-pozos-petroleros-42587724>.

⁹ "Dowell Schlumberger Drilling Fluids". Fundamentos Teóricos.

5.2.1. Funciones del Fluido de Perforación. Las funciones del lodo de perforación describen las tareas que este es capaz de realizar como lo son:

- La remoción y transporte de los cortes desde el fondo del pozo a la superficie.
- Enfriar y lubricar la broca y la sarta de perforación.
- Controlar las presiones del subsuelo y cubrir las paredes del pozo con una capa impermeable.
- Minimizar los daños de las zonas productoras y no dañar su potencial.
- Prevenir el derrumbamiento de paredes y controlar las presiones de la formación.
- Mantener en suspensión los cortes y derrumbes en el anular cuando se detiene la circulación.
- Soportar parte del peso de la sarta de perforación o del revestimiento.
- Asegurar una evaluación adecuada de la formación.
- Controlar la corrosión.
- Facilitar la cementación y el completamiento del pozo.
- Minimizar el impacto al medio ambiente.

5.3. CORTES DE PERFORACIÓN

Los cortes de perforación son partículas que se desprenden de la formación desde la superficie interior del hueco; dichas partículas son creadas por la acción de las fuerzas de compresión y rotatoria del taladro. Desde el momento en que los cortes de perforación son desprendidos de las paredes del hueco hasta que llegan a la superficie, sufren una continua reducción de tamaño debido a la abrasión con otras partículas y la acción de triturar que ejerce la broca, es por esto que el área superficial se incrementa en forma exponencial debido a la degradación de los cortes.

Cuando el lodo de perforación vuelve a la superficie, se retiran los cortes y se realiza un pre-tratamiento y recirculación del lodo hacia la parte inferior del pozo. Finalizada la perforación, se debe eliminar el lodo y los desechos acumulados en la piscina de lodos como agua, bentonita (arcilla) y cortes de perforación. Sin embargo, durante la perforación se utilizan muchos productos químicos adicionales para controlar las propiedades de los fluidos.

Los fluidos de perforación y los aditivos químicos también reaccionan con los constituyentes de las formaciones en las que se está realizando la perforación. Debido a que no es posible predecir todos los diversos elementos presentes en los cortes de perforación, se dificulta saber exactamente las reacciones químicas que se producirán.

Resulta necesario contar con mayor cantidad de análisis para evaluar los constituyentes de los fluidos, los sólidos y su toxicidad antes de su disposición. Es por ello que las pruebas de toxicidad son altamente requeridas. Una vez que se ha reunido y evaluado esta información, se procederá a seleccionar un método de disposición al ambiente, previamente tratando y neutralizando de manera efectiva los fluidos antes de seleccionar las opciones de disposición.

5.3.1. Parámetros de Contaminación. Durante la perforación, el lodo es contaminado por la incorporación de diferentes clases de sólidos tanto los provenientes del pozo (cortes) como los coloidales generados por la degradación de los aditivos añadidos; sin embargo, la contaminación más alta descrita anteriormente la representan los sólidos que han sido perforados durante el proceso. Las compañías encargadas de los fluidos de perforación y del control de sólidos han ido desarrollando nuevas técnicas más limpias y con mejor tecnología que las anteriores, incentivando el uso de productos biodegradables en sus fluidos con el objetivo de minimizar los impactos ambientales, problemas y costos operacionales.

Entre los parámetros más importantes que determinan la contaminación de los cortes de perforación están:

5.3.1.1. Conductividad Eléctrica: La capacidad de un cuerpo de permitir el paso de la corriente eléctrica a través de sí se la conoce como conductividad eléctrica; ésta varía con la temperatura. En el caso de los fluidos de perforación, se solía añadir cloruro de potasio a este como agente inhibidor de arcillas, el cual no constituía un producto ambientalmente amigable porque generaba conductividades eléctricas muy altas, se habla de valores por encima de los 10.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, constituyéndose en un foco de contaminación en el ripio de perforación. Para dar solución a dicho problema, se utiliza actualmente un producto biodegradable, un agente base amina, orgánico, catiónico multivalente, en el cual la conductividad eléctrica es baja con respecto al cloruro de potasio, siendo los valores menores a 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por lo que en la mayoría de países cumple con los límites permisibles en la ley.

5.3.1.2. Potencial de Hidrógeno (pH): Los ácidos o bases alteran el pH que pueden causar problemas a plantas y animales si es que estos son dispuestos al ambiente sin previo tratamiento. El desecho inapropiado de efluentes líquidos o sólidos con valores de pH fuera de parámetros permitidos puede alterar significativamente cualquier ecosistema, por lo que un control y neutralización a valores más recomendables de pH podría ser una solución previa a su disposición.

5.3.1.3. Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH – Total Petroleum Hydrocarbon): Los TPH's, son una mezcla de productos químicos compuestos principalmente de hidrógeno y carbono. No están muy presentes dentro de las propiedades de un fluido base agua, primeramente, porque su líquido principal es agua y no aceite; y segundo porque en los procesos de perforación raramente el fluido se mezcla con hidrocarburos, es por este motivo que regularmente los cortes generados no presentan valores altos de TPH's, lo que hace de este ripio un residuo no peligroso.

5.3.1.4. Metales Pesados: Los metales pesados presentes en algunos de los aditivos químicos y en algunas de las formaciones tienden a reaccionar con los sólidos y las arcillas del sistema, los cuales difícilmente son biodegradables por lo que pueden bioacumularse pudiendo pasar a la cadena alimenticia y causar serios problemas. Entre los metales pesados más representativos y que podrían causar un impacto significativo son el bario, el cromo, el cadmio y el vanadio, de los cuales, el bario es el que más atención hay que prestar por el alto uso de barita en el fluido de perforación como producto densificante.

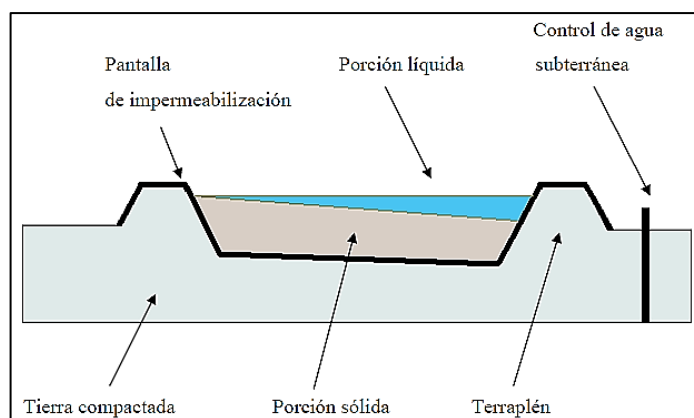
5.3.2. Tratamientos de los Cortes de Perforación. La generación de lodos y cortes de perforación representa el mayor volumen de desechos que se generan durante la actividad de perforación. Por ello se debe realizar un manejo ambientalmente adecuado para la disposición de estos. El mal manejo de estos residuos puede generar un problema de contaminación de los suelos y cuerpos de aguas en las zonas de influencia de las actividades de la industria petrolera. Se han aplicado diversas técnicas para contrarrestar el efecto de la contaminación.

A continuación, se mencionarán algunas de las técnicas más utilizadas para el tratamiento de los cortes de perforación:

5.3.2.1. Solidificación/Estabilización: Es un proceso en que ciertos materiales se adicionan al residuo para generar un sólido. Por lo general, siempre cuando solidifica un residuo, se realiza un proceso de estabilización, el cual se refiere a un proceso por el que un residuo se convierte a una forma química más estable. El término comprende la solidificación y el uso de una reacción química para transformar el componente tóxico a nuevos componentes o sustancias no tóxicas.

5.3.2.2. Disposición en Piscinas: Es el método frecuentemente utilizado en las empresas petroleras para la disposición de todos los cortes procedentes de la perforación. Previo al inicio de la perforación, se construyen grandes huecos con una capacidad suficiente para albergar los residuos de la perforación, teniendo en cuenta la alta pluviosidad del lugar, diámetro de las secciones del pozo y el tipo de perforación, sea vertical, horizontal o direccional. Las piscinas generalmente se diseñan para volúmenes mayores a los 1000 m³; algunas de ellas se diseñan lo suficientemente grandes para disponer cortes de dos o tres pozos, por el hecho de generar el menor impacto posible al ambiente minimizando el espacio de exposición. En las piscinas se colocan impermeabilizantes (geomembrana) para impedir el contacto de los cortes con el suelo, mediante la infiltración de lixiviados. Luego de la disposición y llenado de las piscinas con cortes, se tapa ésta con el mismo suelo nativo que fue extraído en la construcción para dejar cerrada completamente la piscina. Todas las piscinas deberán poseer una pendiente en el piso para lograr la acumulación y recolección de la porción líquida de la mezcla. Es importante que se incluyan muros de contención (terraplén) en la construcción de las piscinas para evitar el desbordamiento de los contaminantes por medio del agua lluvia. De esta manera se evita completamente cualquier riesgo de contaminación que se pueda provocar al ambiente. En la siguiente figura se observa un esquema de una piscina para disposición de cortes de perforación con sus partes:

Figura 5. Esquema de una Piscina para la Disposición de Cortes de Perforación.



Fuente: Manual MI SWACO.

5.3.2.3. Encapsulamiento: Los cortes de perforación con silicato de sodio, cemento, cenizas de carbón y principalmente con cal viva (CaO), son materiales que se solidifican en reacción con agua, de modo que se forman cápsulas, que luego se empaquetan y amarran en telas de material sintético. Así se hacen los conocidos “tamales” que luego se entierran. A continuación, se muestra el acondicionamiento de una locación para el encapsulamiento de cortes de perforación.

Figura 6. Encapsulamiento de Cortes de Perforación.



Fuente. <https://es.slideshare.net/LuisCarlosSaavedra2/encapsulamiento-de-desechos-de-perforacin-petrolera>.

5.3.2.4. Biorremediación: Una solución más sostenible es el uso de las fuerzas y procesos naturales. El proceso de la biorremediación consiste en utilizar microorganismos como hongos y bacterias, para degradar las cadenas de hidrocarburos complejas en otros compuestos más simples, como el gas carbónico (CO₂) y el agua.

En el tratamiento de suelos contaminados por petróleo, las áreas de derrame, áreas de tanques de almacenamiento enterrados, entre otros, la cantidad de microorganismos generalmente no es suficiente para dar abasto con la descomposición de altos niveles de hidrocarburos dentro de un periodo económico. Diversos factores ecológicos, tales como la temperatura y la oxigenación influyen en los niveles de población de microorganismos, así como en su actividad y dependiendo de las condiciones del lugar, requieren que el fortalecimiento del proceso sea exitoso. En la Figura 7 se evidencia un proceso de biorremediación.

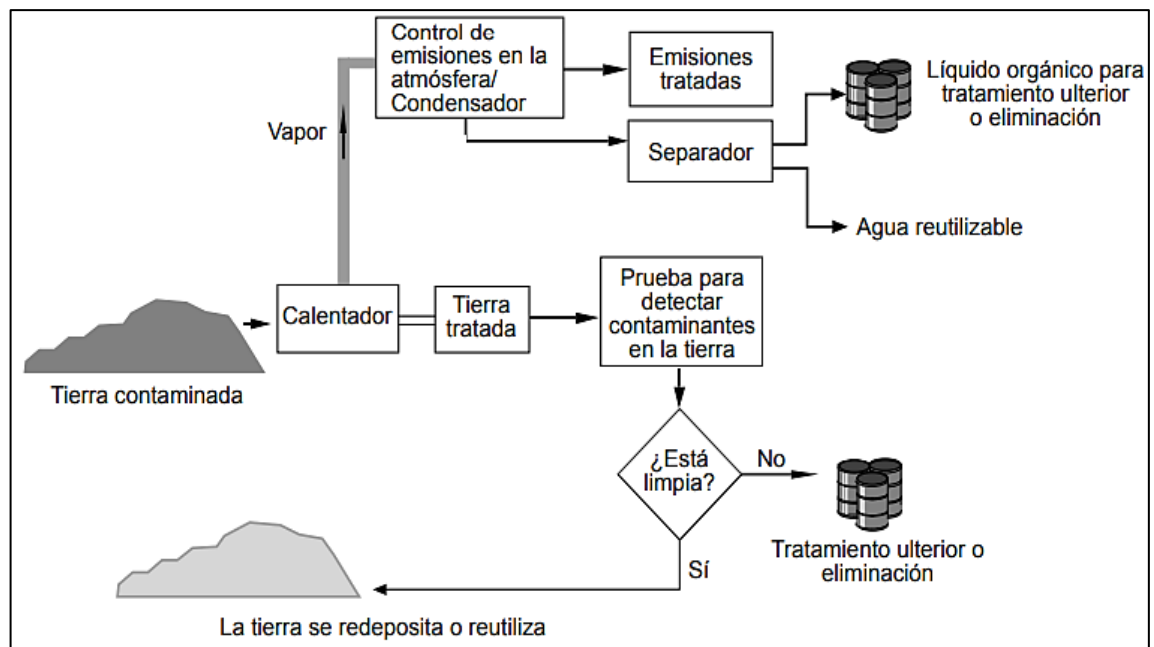
Figura 7. Ejemplo de un Proceso de Biorremediación.



Fuente. <https://es.slideshare.net/LuisCarlosSaavedra2/encapsulamiento-de-desechos-de-perforacin-petrolera>.

5.3.2.5. Desorción Térmica: La desorción térmica es una técnica para tratar la tierra contaminada con desechos peligrosos calentándola a una temperatura de 90°C a 540°C a fin de que los contaminantes con un punto de ebullición bajo se vaporicen (se conviertan en gases) y, por consiguiente, se separen de la tierra. (Si quedan otros contaminantes, se tratan con otros métodos.) Los contaminantes vaporizados se recogen y se tratan, generalmente con un sistema de tratamiento de emisiones, de ese modo se genera vapor que se libera a la atmósfera o se vuelve a condensar después para fabricar nuevos fluidos o para generar calor. La desorción térmica es diferente de la incineración. La desorción térmica usa el calor para separar físicamente los contaminantes de la tierra, que después se someten a un tratamiento ulterior. La incineración usa el calor para destruir los contaminantes. La tierra quemada e inservible se deposita posteriormente en botaderos. En la Figura 8 se presenta un esquema del proceso.

Figura 8. Proceso de Desorción Térmica.

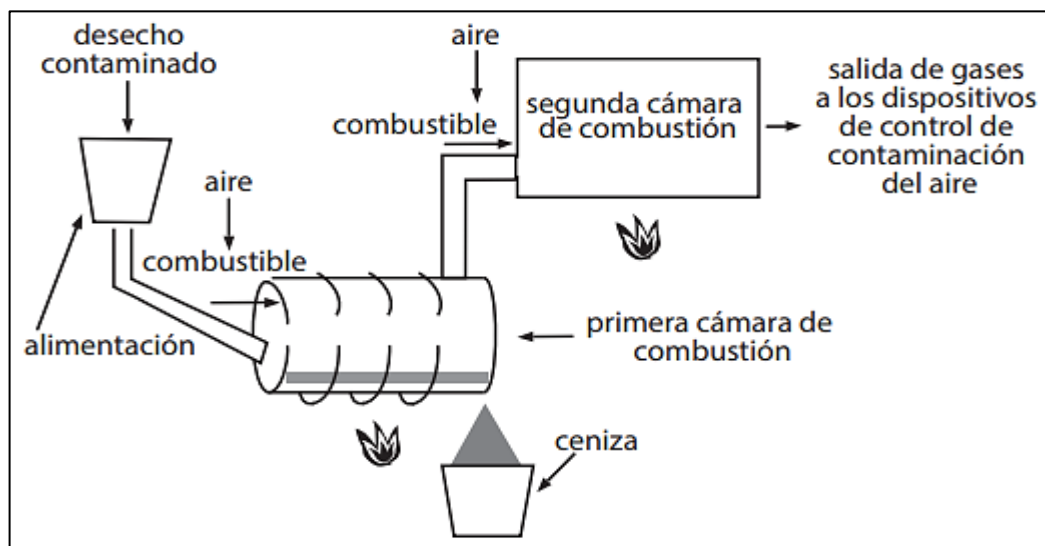


Fuente. EPA – Environmental Protection Agency.

5.3.2.6. Incineración. Es un tratamiento térmico que tiene como fin la eliminación de los compuestos orgánicos presentes en los residuos peligrosos. La incineración es el proceso de quema de materiales peligrosos a temperaturas lo suficientemente altas para destruir contaminantes. Este proceso se lleva a cabo en

un “incinerador”, que es un tipo de horno diseñado para la quema de materiales peligrosos en una cámara de combustión. A pesar de que destruye muchos tipos de sustancias químicas nocivas, tales como solventes, bifenilos policlorados (PCB, por sus siglas en inglés) y plaguicidas, la incineración no destruye los metales, como el plomo y el cromo.¹⁰ Dicho tratamiento generalmente se aplica a residuos de perforación que contienen productos sintéticos considerados peligrosos. El proceso llevado a cabo en este tipo de tratamiento es mostrado en la siguiente figura:

Figura 9. Proceso de Incineración.



Fuente. EPA – Environmental Protection Agency.

5.4. MARCO LEGAL

Para el desarrollo del proyecto es necesario conocer el marco legal ambiental para los procedimientos de disposición de los cortes de perforación obtenidos luego de la separación en el sistema de control de sólidos. El Cuadro 4 muestra las normas aplicadas para este proyecto.

¹⁰ Tomado de: “Recuperación de Suelos Contaminados”. Disponible en: www.consumer.es/web/es/medio_ambiente.

Cuadro 4. Marco Legal para el Proyecto.

NORMATIVIDAD	AÑO	OBSERVACIÓN
Guía Técnica Colombiana 24, por la cual se brindan las pautas respectivas a la gestión ambiental de residuos sólidos.	2006	Esta guía presenta conceptos relacionados con la fuente de generación de los residuos sólidos en nuestro país, clasificando estos residuos de acuerdo a su origen.
Guía para la Elaboración de Planes de Manejo de Residuos Peligrosos (RESPEL).	2005	Esta guía permite establecer si los residuos sólidos generados son peligrosos, y permite determinar así los generadores de este residuo, deberán elaborar un plan de manejo ambiental para residuos peligrosos.
Decreto 838 de 23 de Marzo de 2005, por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.	2005	Establece como promover y facilitar la planificación, construcción y operación de sistemas de disposición final de residuos de perforación.
Decreto 4741 de 30 de Diciembre de 2005, por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.	2005	Establece y define que se debe garantizar la gestión y manejo de estos residuos, elaborando un plan de gestión integral, que incluya el almacenamiento, identificación, características de peligrosidad y medidas de control y prevención.
Decreto 1713 de 23 de Marzo de 2002, por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993, en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.	2002	Establece el contenido básico del plan de gestión integral de Residuos Sólidos, así mismo como el transporte, almacenamiento y términos de recuperación, aprovechamiento o disposición final.
Guía de Manejo Ambiental para Proyectos de Perforación de Pozos de Petróleo y Gas	1999	Proporciona a las empresas interesadas en el sector y a las autoridades ambientales, una herramienta de consulta que contiene los criterios, lineamientos y orientaciones de carácter

(Ministerio del Medio Ambiente).		general para la concepción, planificación, construcción, operación y mantenimiento de una perforación haciendo énfasis en el manejo ambiental de esta actividad.
Resolución 2309 de 1986, por el cual se reglamente las normas en relación con la disposición, manejo y transporte de los residuos especiales.	1986	Establece y califica por grupos, los residuos especiales, adicionalmente establece los criterios para identificar un residuo toxico, en concentración de mg/l de varios contaminantes.
Decreto 2011 de 25 de junio de 1986, por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.	1974	Establece y define en el Capítulo 1, de la parte VII, los términos para el uso. Aprovechamiento de la tierra y de los suelos adecuadamente, manifestando que el aprovechamiento de los suelos deberá efectuarse en forma de mantener su integridad fisca y su capacidad productora.

Fuente. Planteamiento de una Alternativa para la Puesta en Marcha de un Sistema que Permita la Separación y Disposición Final de los Cortes Industriales de Perforación, en el Campo Castilla de ECOPETROL S.A.

5.5. LADRILLOS Y OTRAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA

5.5.1. Generalidades de la Mampostería. Se conoce como mampostería al sistema de elementos apilados, ensamblados o unidos con un mortero u otro material similar, con el fin de conformar muros que posean -hasta cierto punto- las características de sus elementos. La mampostería está conformada por muros construidos con bloques de cemento o ladrillos pegados con mortero y confinados por sistemas de concreto reforzado tradicionales como columnas. Desde el punto de vista estructural, la mampostería puede ser: estructural¹¹, cuando los muros que conforma deben soportar tanto su propio peso como las cargas horizontales y verticales actuantes sobre sus planos y no estructural, cuando los muros deben soportar tan solo su propio peso y servir como división (partición) entre dos espacios. Ambos tipos de mampostería de concreto se pueden elaborar con unidades perforadas verticalmente (bloques) o macizas (ladrillos). Los principios de fabricación, calidad, construcción y desempeño, aplican de igual manera para ambos¹². Sin embargo, en el presente proyecto, las unidades de mampostería a las que se hace referencia, serán unidades macizas (ladrillos) de concreto. En la Figura 10 se muestran unidades de mampostería de diferentes materiales.

5.5.2. Ladrillos de Cemento. Un ladrillo de cemento se define como la pieza prefabricada a base de cemento, agua y arenas finas y/o gruesas, naturales y/o artificiales, con o sin aditivos, incluidos pigmentos, de forma sensiblemente prismática, con dimensiones modulares y ninguna mayor de 60 centímetros, sin armadura alguna. Los ladrillos de cemento son materiales prefabricados para la construcción, elaborados con una de las materias primas más clásicas de la edificación, el cemento. Las posibilidades constructivas, arquitectónicas y expresivas de los mismos son casi infinitas.

La producción de ladrillos y bloques de cemento, encuentra requerimientos científicos para el control de calidad del producto, desde la identificación, selección y extracción para el uso de tierra, así como para la calidad del bloque terminado, gracias a los procedimientos de ensayo sobre los materiales, los cuales se encuentran normalizados (Gatani, 2000). Aunque sus dimensiones varían según la región del país, los procesos de fabricación de los ladrillos son similares en todo el mundo.

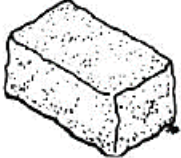

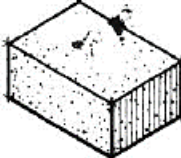
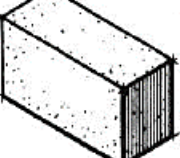
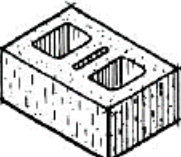
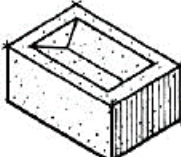
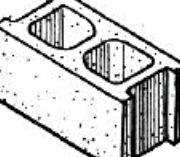
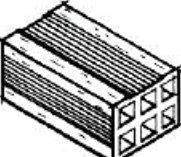
¹¹ RESTREPO, Ramiro. "Composición y Reacciones del Cemento Pórtland y su Influencia en el Comportamiento de las Mezclas". Pág.1-12, en el Seminario de Durabilidad y Patología de Concretos y Morteros. 1995, Medellín.

¹² INSTITUTO CHILENO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN. "Albañilerías Armadas de Bloques: Diseño y construcción". P. 64, Segunda Edición. Santiago de Chile, 1991.

Los ladrillos o bloques de cemento deben poseer las siguientes características:

- Buena resistencia mecánica. Satisfacer las exigencias de la obra y la manipulación y transporte.
- Resistencia a la humedad. Condición indispensable para las obras expuestas a la intemperie.
- Aislamiento acústico y térmico. El aislamiento contra los ruidos es proporcional a la resistencia del ladrillo a la compresión y térmico.
- Dimensiones y peso aptos para su fácil manipulación.

Figura 10. Unidades de mampostería de diferentes materiales. ¹³

Unidades	Macizas				
	De perforación vertical				
	De perforación horizontal				
Material	Piedra	Arcilla cocida	Suelo-cemento	Concreto	

Fuente. Notas Técnicas: Fabricación de Bloques de Concreto”. Instituto Colombiano de Productores de Cemento - ICPC.

¹³ Tomado de: “Notas Técnicas: Fabricación de Bloques de Concreto”. Instituto Colombiano de Productores de Cemento - ICPC.

5.5.2.1. Clasificación:¹⁴ Los ladrillos pueden clasificarse por su densidad, resistencia a la compresión y control de humedad:

- **Según su Densidad:** La densidad de un ladrillo depende del peso de los agregados, del proceso de fabricación y de la dosificación de la mezcla. La densidad debe ser la máxima que se pueda alcanzar, pues de ella dependen sus otras características como: resistencia a la compresión, absorción, permeabilidad, durabilidad y comportamiento al manejo durante su producción, transporte y manejo en obra; capacidad de aislamiento térmico y acústico, y textura y color de su superficie, etc. Se establecen tres clases de unidades de mampostería de concreto según su densidad:

- De peso liviano, con una densidad de menos de 1680 kg/m³.
- De peso mediano, con una densidad entre 1680 kg/m³ y menos de 2000 kg/m³.
- De peso normal, con una densidad de 2000 kg/m³ o más.

- **Según su Resistencia a la Compresión**¹⁵: Se establecen dos clases de unidades de ladrillos de concreto para mampostería estructural, según su resistencia a la compresión:

- De resistencia alta (A).
- De resistencia baja (B).

- **Según el Control de Humedad**¹⁶: Se establecen dos tipos de unidades de mampostería de concreto, según el control de humedad:

¹⁴ Según las Normas Técnicas Colombianas NTC 4026 – “Ingeniería Civil y Arquitectura. Unidades (Bloques y Ladrillos) de Concreto, para Mampostería Estructural” y NTC 4076 – “Ingeniería Civil y Arquitectura. Unidades (Bloques y Ladrillos) de Concreto, para Mampostería No Estructural Interior y Chapas de Concreto”.

¹⁵ Aplica solo para Mampostería Estructural según la Norma Técnica Colombiana NTC 4026 – “Ingeniería Civil y Arquitectura. Unidades (Bloques y Ladrillos) de Concreto, para Mampostería Estructural”.

- **Tipo I:** Unidades con control de humedad, deben cumplir con los requisitos de la Norma Técnica Colombiana NTC 4026 – “Ingeniería Civil y Arquitectura. Unidades (Bloques y Ladrillos) de Concreto, para Mampostería Estructural”.
- **Tipo II:** Unidades sin control de humedad, deben cumplir todos los requisitos de la Norma Técnica Colombiana NTC 4026 – “Ingeniería Civil y Arquitectura. Unidades (Bloques y Ladrillos) de Concreto, para Mampostería Estructural”, excepto los de la Cuadro 5.

Cuadro 5. Requisitos para el contenido de humedad en las unidades de mampostería Tipo I.¹⁷

Contracción lineal por secado (Cl) ^A , %	Contenido de humedad (H), promedio de 3 unidades, máximo, como un % del valor total de la absorción de agua (Aa)		
	Condiciones de humedad de la obra o del sitio de uso de las unidades ^B		
	Húmeda	Intermedia	Seca
De menos de 0,03	45	40	35
De 0,03 hasta menos de 0,045	40	35	30
De 0.045 hasta 0,065 (como máximo)	35	30	25

Fuente. Norma ASTM C 426.

5.5.2.2. Materiales:¹⁸ Los materiales normalmente usados para la fabricación de ladrillos son:

¹⁷ A: Según el ensayo descrito en la Norma ASTM C 426.

B: Húmeda, con humedad media relativa anual por encima del 75 %; Intermedia, con humedad media relativa información recopilada en el sitio de la obra, se puede consultar el Calendario Meteorológico publicado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (En éste la gran mayoría de las estaciones registran una condición húmeda con excepción de Cali, Cúcuta, Medellín, Neiva, Puerto Carreño, Riohacha, Bogotá, Santa Marta y Valledupar que corresponden a condición intermedia. No registra ninguna estación con condición seca).

¹⁸ Según la Norma Técnica Colombiana NTC 4026 – “Ingeniería Civil y Arquitectura. Unidades (Bloques y Ladrillos) de Concreto, para Mampostería Estructural”.

- **Materiales Cementantes:** Los materiales cementantes son materiales aglomerantes que tienen propiedades de adherencia y cohesión requeridas para unir fragmentos minerales entre sí, formando así una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuadas.

- **Cemento Pórtland:** El cemento Pórtland debe su nombre a la semejanza, en color y calidad, con la piedra de Pórtland, una caliza obtenida de una cantera en Dorset, Inglaterra. El cemento portland es un ligante hidráulico inorgánico artificial, que se obtiene a partir de un producto intermedio denominado Clínker, el cual se produce mediante la cocción a aproximadamente 1480°C, generalmente en hornos rotatorios, de una mezcla en proporciones preestablecidas de carbonato de calcio (caliza) y de aluminosilicatos (arcillas o margas) u otros materiales de una composición global similar y con la reactividad suficiente, previamente molidos y homogeneizados. Durante el proceso de cocción se produce una fusión parcial y una recombinación de los componentes de las materias primas dando lugar a nódulos de Clínker de 5-50 mm. de diámetro, que esencialmente consisten en silicatos de calcio hidráulicos. Posteriormente el Clínker mezclado con un 5% de yeso (sulfato de calcio dihidratado) se somete a un proceso de molienda del cual resulta el cemento portland. La clasificación general para diferentes tipos de cemento de acuerdo con su propósito específico se presenta en Cuadro 6.

Cuadro 6. Clasificación según la característica del cemento. ¹⁹

TIPO	CARACTERÍSTICA
1	Todo propósito
2	Resistencia a los sulfatos
3	Resistencia rápida
4	Bajo calor de hidratación
5	Resistencia a la acción de sulfatos pesados

Fuente: GALLO O.G.O., ESPINO M.L.I, OLVERA M.A.E., “Diseño Estructural De Casas Habitación”.

¹⁹ GALLO O.G.O., ESPINO M.L.I, OLVERA M.A.E., “Diseño Estructural De Casas Habitación” 1ª. Edición, Mc Graw Hill, México, 2003.

- **Cemento Pórtland Blanco:** Este cemento cuenta con las mismas características que cualquier otro cemento Pórtland; su blancura es permanente (blancura mayor del 85%), haciendo innecesario cualquier tipo de tratamiento adicional al terminado de la obra y su mantenimiento es sencillo y económico. Presenta una apariencia final, integrada, definida y uniforme, ya sea en su color natural blanco o bien en el de la tonalidad del color deseado. Las obras realizadas con este cemento, contarán con mayor durabilidad, al no tener el riesgo de desprendimientos de las piezas que integran el acabado. Se puede emplear para uso estructural, arquitectónico y fabricación de adhesivos.

- **Cementos Adicionados:** Los cementos adicionados (o compuestos), son mezclas de Clinker de cemento Pórtland, sulfato de calcio (yeso) y adiciones minerales; estos cementos pueden ser producidos por molienda conjunta de esos componentes o por la mezcla de los componentes finalmente molidos. Como ventaja adicional y no menos importante, los concretos con cementos adicionados presentan algunas ventajas tecnológicas con respecto a los tradicionales, sobre todo en referencia a resistencias mayores a largo plazo y mayor durabilidad gracias a la impermeabilidad y a las adiciones en sí mismas.

- **Adiciones:** Son materiales inorgánicos puzolánicos o con hidraulicidad latente que finalmente divididos pueden ser añadidos al concreto con el fin de mejorar alguna de sus propiedades o conferir algunas características especiales. Entre los más empleados se encuentran las cenizas volantes y puzolanas naturales, calcinadas o crudas, utilizadas como adiciones minerales en el concreto de cemento Pórtland, y la escoria de alto horno granulada y molida para su uso en concreto y morteros.

- **Agregados:** Son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento Pórtland en presencia de agua forman un todo compacto, conocido como mortero o concreto. Se pueden considerar como agregados de las mezclas de cemento o mortero, todos aquellos materiales que teniendo una resistencia propia suficiente (resistencia de la partícula), no perturben ni afecten desfavorablemente las propiedades y características de la mezcla.

- **Agua de Mezcla.** El agua de mezcla cumple dos funciones muy importantes: permite la hidratación del cemento y hace la mezcla manejable. Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto. Sin embargo, algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para el concreto.

Las impurezas excesivas en el agua no solo pueden afectar el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto, sino también pueden ser causa de eflorescencia, manchado, corrosión del esfuerzo, inestabilidad volumétrica y una menor durabilidad. El agua que contiene menos de 2000 partes de millón (ppm) de sólidos disueltos totales generalmente pueden ser utilizada de manera satisfactoria para elaborar concreto. El agua que contenga más de 2000 ppm de sólidos disueltos deberá ser ensayada para investigar su efecto sobre la resistencia y el tiempo de fraguado.

- **Otros Constituyentes:** Estos materiales son opcionales y sirven para mejorar las propiedades físicas y químicas de los ladrillos:

- **Aditivos.** Los aditivos son sustancias químicas, generalmente dosificadas por debajo del 5% de la masa del cemento o mortero que, además del agua, agregados, cemento y, -en algunos casos-, fibra de refuerzo, son adicionados a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado. Se utilizan con el objeto de modificar las propiedades del concreto o mortero, ya sea en estado fresco, durante el fraguado o en estado endurecido, para hacerlo más adecuado según el trabajo o exigencia dada y para que cumpla los requisitos y especificaciones particulares de cada tipo de estructura.

- **Pigmentos.** Los pigmentos son finas partículas de polvo, químicamente inertes, insolubles y que dotan de color al material al cual se añaden. Los usados para colorear el cemento deben ser insolubles, tanto en el agua como en los agregados, ser inertes químicamente con respecto al cemento, a los agregados y a los aditivos; resistentes a la intemperie, estables a la luz y a temperaturas extremas y deben quedar firmemente embebidos, con los finos del cemento cuando endurezca, además deben poseer una gran capacidad de tinte, brillo, luminosidad y tono de color deseado; uniformidad en el tamaño y finura de las partículas que lo componen, garantía en el suministro, fabricación reciente y bajo costo.

5.5.2.3. Tolerancias.²⁰ Las dimensiones reales de las unidades no deben diferir de las dimensiones normales en más de 2 mm para la longitud, y en no más del 1 % para el espesor y la altura.

^{28 29} Según la Norma Técnica Colombiana NTC 4026 – “Ingeniería Civil y Arquitectura. Unidades (Bloques y Ladrillos) de Concreto, para Mampostería Estructural.

5.5.2.4. Resistencia a la Compresión.²¹ La resistencia a la compresión es la principal propiedad que deben tener los ladrillos, y determina si se pueden usar para mampostería estructural o no estructural o divisoria.

En los ladrillos para mampostería estructural se tienen dos clases de resistencias: alta y normal. La resistencia alta se usa para todo tipo de construcciones, incluyendo edificios de mampostería estructural. La baja se usa fundamentalmente para construcciones de uno y dos pisos. El uso de una u otra depende de las necesidades estructurales, sin importar la exposición a la intemperie o el recubrimiento que vaya a tener el muro.

La resistencia a la compresión máxima está especificada para ser alcanzada a los 28 días de producidos los ladrillos; pero se pueden pegar en el muro a edades menores cuando se tenga un registro sobre la evolución de la resistencia de ladrillos de iguales características, y éste indique que alcanzarán dicha resistencia, lo que no exime de la verificación directa de la calidad de los mismos. Las unidades de ladrillos de concreto deben cumplir los requisitos de resistencia a la compresión establecidos en el siguiente cuadro:

Cuadro 7. Requisitos de la Resistencia a la Compresión para Unidades de Mampostería Estructural.²²

Resistencia a la compresión a los 28 d (RC28) , evaluada sobre el área neta promedia (Anp)		
Mínimo^B, MPa		
Clase	Promedio de 3 unidades	Individual
Alta	13	11
Baja	8	7

Fuente. Norma Técnica Colombiana NTC 4026.

²² Según la Norma Técnica Colombiana NTC 4026 – “Ingeniería Civil y Arquitectura. Unidades (Bloques y Ladrillos) de Concreto, para Mampostería Estructural.

Para las unidades de mampostería no estructural, los valores de resistencia a la compresión, están dados en el siguiente cuadro:

Cuadro 8. Requisitos de la Resistencia a la Compresión para Unidades de Mampostería No Estructural.²³

Resistencia a la compresión a los 28 d (RC28)^A, evaluada sobre el área neta promedio	
Mínimo, MPa	
Promedio de 3 unidades	Individual
6,0	5,0

Fuente. Norma Técnica Colombiana NTC 4026.

5.5.2.5. Absorción de Agua. En el momento de despacho, las unidades de mampostería estructural de concreto deben cumplir los requisitos de absorción de agua establecidos en el siguiente cuadro:

Cuadro 9. Requisitos de Absorción de Agua y Clasificación del Peso para Unidades de Mampostería Estructural.²⁴

Absorción de agua (Aa) % según el peso (densidad) del concreto secado en horno, kg/m³		
Promedio de 3 unidades, máximo, %		
Peso liviano, menos de 1 680 kg/m³	Peso mediano, de 1 680 kg/m³ hasta menos de 2 000 kg/m³	Peso normal, 2 000 kg/m³ o más
15%	12%	9%
18%	15%	12%

Fuente. Norma Técnica Colombiana NTC 4026.

²³ Según la Norma Técnica Colombiana NTC 4076 – “Ingeniería Civil y Arquitectura. Unidades (Bloques Y Ladrillos) de Concreto, para Mampostería No Estructural Interior y Chapas de Concreto”.

²⁴ Según la Norma Técnica Colombiana NTC 4026 – “Ingeniería Civil y Arquitectura. Unidades (Bloques y Ladrillos) de Concreto, para Mampostería Estructural”.

Para las unidades de mampostería no estructural, los valores de absorción de agua, están dados en el siguiente cuadro:

Cuadro 10. Requisitos de Absorción de Agua y Clasificación del Peso para Unidades de Mampostería Estructural.²⁵

Absorción de agua, % según el peso (densidad) del concreto secado en horno, para las chapas kg/m³			
Promedio de 3 unidades, máximo, %			
	Peso liviano, menos de 1 680 kg/m³	Peso mediano de 1 680 kg/m³ hasta menos de 2 000 kg/m³	Peso normal, 2 000 kg/m³ o más
Unidades	18%	15%	12%
Chapas	15%	12%	9%

Fuente. Norma Técnica Colombiana NTC 4026.

5.5.2.6. Contenido de Humedad. A diferencia de la absorción, el contenido de humedad no es una propiedad del cemento de la unidad de mampostería como tal, sino un estado de presencia de humedad dentro de la masa del mismo, entre la saturación y el estado seco al horno. El control del contenido de humedad de las unidades es fundamentalmente necesario, dado que el concreto se expande y se contrae con el aumento o disminución de su humedad.

El porcentaje de contracción lineal de los ladrillos depende del contenido de humedad de los mismos, como porcentaje de la absorción total y las condiciones de humedad en el lugar de trabajo. En el momento de despacho, las unidades de mampostería de concreto Tipo I deben tener un contenido de humedad que cumpla con los requisitos que aparecen en el Cuadro 5.

^{25 34} Según la Norma Técnica Colombiana NTC 4026 – “Ingeniería Civil y Arquitectura. Unidades (Bloques y Ladrillos) de Concreto, para Mampostería Estructural”.

5.5.2.7. Acabado y Apariencia.²⁶

- Todas las unidades deben estar sanas y no deben tener fisuras ni otros defectos que interfieran con un proceso de colocación de la unidad apropiado, o que perjudiquen significativamente la resistencia o permanencia de la construcción. Las fisuras menores, inherentes al método de fabricación, o las desportilladuras menores que resultan de los métodos usuales de manipulación en el despacho y en la entrega, no son motivo de rechazo.
- Cuando las unidades se van a utilizar en construcciones de mampostería expuesta, la pared o paredes de las unidades, que van a estar expuestas, no deben presentar desportilladuras ni grietas, ni se permiten otras imperfecciones visibles cuando se observan desde una distancia igual o mayor de 6 m, con una fuente de luz difusa.
- El cinco por ciento (5%) del envío puede tener pequeñas fisuras, o desportilladuras no mayores de 25 mm en cualquier dimensión, o fisura o de no más de 0,5 mm de ancho y una longitud de no más del 25 % de la altura nominal de la unidad.
- Las unidades que se van a utilizar como base para un recubrimiento posterior, deben tener una superficie con una textura lo suficientemente abierta que permita una buena adherencia.

5.5.2.8. Muestreo y Ensayo.²⁷ El muestreo y ensayo de los especímenes de muestra se debe efectuar de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana NTC 4024. Esta norma establece los procedimientos para el muestreo y el ensayo de prefabricados de concreto macizo entre otros, elaborados con mezclas “secas”, vibro compactados, con el fin de evaluar su resistencia a la compresión, absorción, densidad, contenido de humedad y dimensiones.

²⁷ Según la Norma Técnica Colombiana NTC 4026 – “Ingeniería Civil y Arquitectura. Unidades (Bloques y Ladrillos) de Concreto, para Mampostería Estructural”.

5.6. FABRICACIÓN DE LADRILLOS A PARTIR DE CORTES DE PERFORACIÓN BASE AGUA

La fabricación de ladrillos de cortes-cemento consiste en la estabilización y prensado de la materia prima (para este caso serán los cortes de perforación). A diferencia del proceso de elaboración de unidades cerámicas (cocidas) las cuales tienen un elevado consumo energético o impacto ambiental, esto nos lleva a afirmar que el ladrillo propuesto es un "ladrillo ecológico": la tierra no se cuece sino que es estabilizada a partir de la adición de cemento; éste actúa sobre los cortes, modificando el comportamiento de sus partículas y mejorando su estabilidad, transformando la masa resultante en una estructura difícil de alterar y de mejor resistencia con respecto a un suelo natural. Algunas de sus principales características son:

- Se pueden utilizar para la realización de mamposterías de ladrillos con igual técnica que la mampostería tradicional de ladrillos a la vista, con junta enrasada o para revocar.
- Su fabricación es similar a la de ladrillos de cemento, ya que las etapas de producción se asemejan.
- El coste del ladrillo, es reducido. Se limita al coste del cemento.
- Cada ladrillo de cortes-cemento es ligeramente más pesado que un ladrillo cocido tradicional.
- Presentan menor capacidad higroscópica que un ladrillo común: un ladrillo de cortes-cemento absorbe 10 veces menos agua que un ladrillo cocido tradicional.

5.6.1. Componentes de la Mezcla. El conjunto de cortes de perforación, cemento y agua, dosificados y compactados, constituye la mezcla a utilizar.

5.6.1.1. Cortes de Perforación: Los cortes adecuados para ser estabilizados con cemento, son los que dan una resistencia elevada y poca contracción al secarse. Esto significa tener aptitud para ser compactado. Estos cortes deben tener presencia de arena, limo y arcilla, aunque estos últimos en escasa proporción, a fin

de que den la necesaria cohesión a la mezcla y completen la porción de contenido de fino en la curva de composición granulométrica.

Tendrán prioridad los cortes arenosos, en función de que producen mejores resultados de compactación y resistencia al ser estabilizados con cemento. No obstante, la arena de los cortes constituye su estructura, pero requiere de la presencia de arcilla para conglomerar su masa. En otro sentido, para la estabilización de cortes arcillosos es indispensable la incorporación de arena.

Dependiendo de la licencia ambiental que posea la compañía operadora, los cortes pueden ser recolectados con cal viva (CaO) o sin ésta, lo cual favorece la deshidratación de los cortes y mejora su estabilización.

Los cortes pueden ser recolectados en dos puntos: el primero puede ser en el *Catch Tank* después que se ha separado la fase líquida de la fase sólida en la unidad de deshidratación o directamente en la piscina de cortes; sin embargo, es preciso efectuar un monitoreo comparando la concentración de ciertos elementos establecidos en las normas, a través de la prueba de análisis de lixiviados (TCLP).

5.6.1.2. Cemento: Constituye el medio estabilizante. La cantidad de conglomerante necesaria para la estabilización, que en este caso es cemento, dependerá de las características de los cortes y del mecanismo de compactación seleccionado. El agregado de cemento mejora las condiciones del suelo respecto a la acción de agentes como la humedad, dándole características de estabilidad y resistencia.

Se emplea generalmente el gris normal, denominado Pórtland, provisto por la industria, no excluyendo la posibilidad del empleo de otros tipos de cemento. La dosificación del aglutinante debe ser realizada en unidades de peso en relación a la cantidad de cortes empleados para la mezcla. Ésta depende, en gran medida, del sistema de compactación adoptado:

- A menor compactación, mayor presencia de cemento.
- A mayor compactación, menor presencia de cemento.

5.6.1.3. Agua. La función del agua es hidratar el cemento y hacerlo "reaccionar" y contribuir a la máxima compactación de los cortes. El agua a añadir

a la mezcla debe ser limpia y no contener materiales en suspensión o en disolución tales como sulfatos o cloruros, o materias orgánicas.

La incorporación de agua es necesaria porque activa la acción cohesiva de las arcillas y actúa como lubricante para mejorar la compresión y activar la reacción con el cemento. Si resulta excesivamente húmeda o, por el contrario, seca, ambos estados se reflejan en la trabajabilidad del material y, posteriormente, en el acabado superficial, la resistencia y durabilidad del mismo. Si no existe suficiente lubricación entre partículas, éstas difícilmente podrán ocupar los vacíos intersticiales de la mezcla en el momento de la compactación; en tanto que una mezcla por demás plástica, dificultará procedimientos de compactación mecánicos y su acabado final será más parecido al adobe.

5.6.2. Fabricación. La fabricación de ladrillos de cemento depende del tipo de equipo de producción y de los procesos de curado, almacenamiento y despacho. Los equipos deben ser los adecuados en tamaño, tecnología y costos para el medio que se va a suministrar o el proyecto que se va a construir. Adicionalmente se debe cuidar lo siguiente:

- Los agregados deben ser de buena calidad, limpios, y con la granulometría correcta según el espesor de las paredes y tabiques de los bloques y la resistencia y la textura esperadas.
- Los otros materiales también se deben escoger con cuidado como los cementos, aditivos y pigmentos, lo mismo que la forma de mezclarlos y su relación entre costo y efectividad.
- La dosificación de los materiales y del agua se debe hacer según las características esperadas para el ladrillo.
- Los agregados se introducen en una mezcladora, en las cantidades calculadas (en peso), y en una secuencia correcta. Allí se le agrega el agua y el cemento, en las cantidades calculadas.
- Los aditivos se adicionan en forma líquida en la mezcladora o mezclados con agua, en ambos casos, reemplazando parte de ésta.

- Los pigmentos se adicionan en polvo, gránulos o suspensión, directamente a la mezcladora.

En función del producto a elaborar se organizan las etapas de producción en relación a la técnica seleccionada. Esto en diseño de los métodos, disponibilidad de materiales, mano de obra y del equipamiento técnico necesario. Para la elaboración de ladrillos de cortes-cemento las etapas generales son las siguientes:

1. Recolección de los Cortes.
2. Secado (Solo si el contenido de humedad es significativo).
3. Tamizado y Trituración.
4. Mezclado de Componentes en Seco.
5. Adición de Agua.
6. Compactación y Moldeo.
7. Fraguado.
8. Curado y Acopio.
9. Despacho.

Las etapas de producción son esquematizadas en la siguiente figura:

Figura 11. Proceso de Fabricación de Ladrillos de Cemento.



Fuente. INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO – ICPC. Fabricación de Bloques de Concreto. Bogotá D.C., Colombia. Modificado por los autores.

6. METODOLOGÍA

Esta investigación es de carácter mixta, debido a que comprende un ámbito descriptivo, experimental y propositivo; adicional a esto, se adoptan elementos teórico-prácticos de la ingeniería civil y de la ingeniería de petróleos donde se buscó por medio de las pruebas realizadas a los ladrillos, obtener las características físicas y mecánicas. Posteriormente se realizó un análisis comparativo entre los resultados obtenidos y los consignados en las normas y reglamentos colombianos respecto a los ladrillos convencionales, con el fin de comprobar si los ladrillos de cemento con diferentes proporciones de recortes de perforación base agua cumplen o no con los criterios establecidos en las Normas Técnicas Colombianas (NTC) del ICONTEC. Finalmente se efectuó una comparación mediante un análisis de los costos que conlleva la elaboración de un ladrillo con cortes de perforación y uno convencional para determinar la viabilidad económica del ladrillo propuesto mediante esta investigación. En la siguiente figura se presentan las etapas establecidas para el desarrollo del proyecto:

Figura 12. Proceso Metodológico.²⁸



Fuente. Autores del proyecto.

²⁸ Creado por los autores.

6.1. RECOPIACIÓN, SELECCIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE

Se realizó una revisión bibliográfica de los diferentes tratamientos que existen en la industria para la disposición de los cortes de perforación, profundizando en aquellas experiencias y casos de éxito a nivel internacional en las que se propuso el aprovechamiento de los cortes de perforación para la fabricación de ladrillos como alternativa viable para este tipo de desechos, además de otras investigaciones y trabajos cuyo objetivo esté relacionado o tenga similitud con el del presente documento, teniendo como referencia las normas y ensayos técnicos que se deben realizar para hacer una caracterización física y mecánica del producto que se pretende elaborar. Dicha información se puede clasificar de dos maneras:

- Revisión y análisis de trabajos de investigación, relacionados con el objeto del presente estudio en las bases de datos asociadas a la Universidad Surcolombiana y trabajos de grados de otras universidades.
- Consulta de las Normas Técnicas Colombianas (NTC) del ICONTEC que regulan y estipulan las especificaciones y características que deben tener los ladrillos fabricados además de los ensayos requeridos para garantizar el cumplimiento de la calidad del producto obtenido.

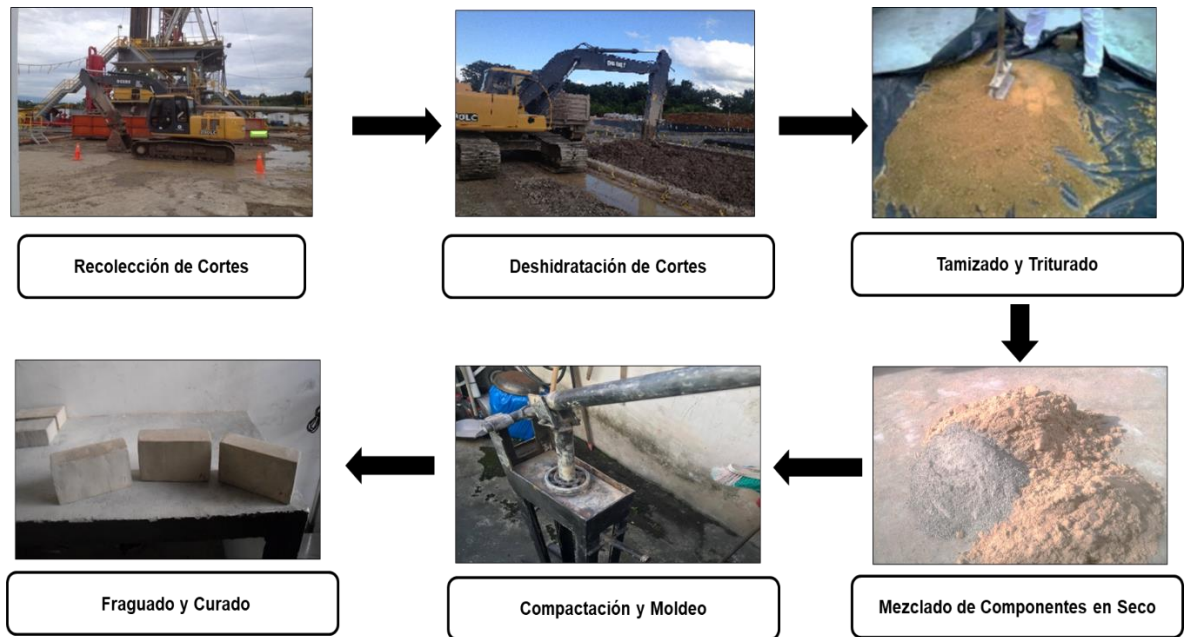
6.2. SELECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA REQUERIDA PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS

Además de los cortes de perforación necesarios para la fabricación de los ladrillos se hizo uso de cemento, agua y aditivos líquidos de acción acelerante para concreto. Los recortes de perforación base agua se obtuvieron triturados en un centro de recolección, tratamiento y disposición final para estos residuos. El cemento utilizado es Pórtland tipo I de uso comercial.

6.3. ELABORACIÓN DE LOS LADRILLOS

Para el proceso de elaboración de los ladrillos, se llevaron a cabo las siguientes etapas, ilustradas en la siguiente figura:

Figura 13. Proceso de Fabricación de Ladrillos de Cortes-Cemento.²⁹



Fuente. Autores del proyecto.

1. Recolección de los Cortes: Los cortes base agua fueron recolectados y suministrados por ECOPEPETROL S.A. que es la compañía operadora del Campo Castilla durante la perforación del Pozo X perteneciente al Bloque CPO-09 durante el mes de mayo de 2017; dicha perforación fue realizada por el Rig 204 de la compañía prestadora de servicios Independence Drilling. Estos cortes fueron recolectados en el *catch tank*, en la descarga de la unidad de deshidratación; los cortes estaban estabilizados con cal viva (CaO) al 80% de pureza, en proporciones no informadas por la compañía, como se observa en la Fotografía 1:

²⁹ Creado por los autores.

Fotografía 1. Ubicación del Catch Tank en la Locación del Pozo X.



Fuente. ECOPETROL S.A.

2. Tamizado y Trituración: Una vez recolectados, los cortes de perforación fueron recibidos en la ciudad de Neiva donde se le realizó un proceso de tamizado con el objeto de eliminar partículas superiores a 5 mm. Las partículas cuyo tamaño no cumplieron con la anterior condición granular, fue necesario realizarles un proceso de trituración manual, con lo cual se buscaba una mejor compactación y cohesión entre partículas en el proceso de mezclado. Los cortes de perforación sin tamizar se muestran en la Fotografía 2.

Fotografía 2. Cortes de Perforación Sin Tamizar.



Fuente. Autores del proyecto.

3. Mezclado de Componentes en Seco: Para realizar el proceso de mezclado del Cemento Pórtland Tipo I y los cortes de perforación en seco, dichos componentes fueron premezclados manualmente con una pala, sobre una superficie plana, limpia y seca, hasta obtener una mezcla de color uniforme, con el fin de garantizar su homogenización.

La dosificación de la mezcla se realizó estableciendo una masa total de los ripios de perforación, la cual variaba al incrementar el porcentaje de cemento; el diseño de la mezcla obtenido se muestra en el Cuadro 11.

4. Adición de Agua: Una vez lograda la mezcla íntima de cortes y cemento en seco, se incorporó agua en forma de lluvia con una regadera hasta conseguir la distribución uniforme de la humedad en la mezcla; para cuantificar la cantidad aproximada de agua a utilizar para alcanzar la humedad óptima, se midió el agua utilizada en una probeta graduada de 1000 mL. La humedad óptima se determinó de manera práctica, realizando un sencillo ensayo de campo, el cual consistió en tomar un puñado de la mezcla ya humedecida y apretarlo fuertemente con la mano para posteriormente, dejarlo caer desde una altura de aproximadamente un (1) metro; si la mezcla se desintegra en una cantidad considerable de terrones

semejante a la mezcla original, la humedad es óptima, si da un resultado distinto, puede significar insuficiencia o exceso de agua.

Cuadro 11. Diseño de Mezclas para Ladrillos de Cortes - Cemento.

MASA DE LA MEZCLA (gr)	% DE CORTES	% DE CEMENTO	MASA DE CORTES (gr)	MASA DE CEMENTO (gr)	MASA DE AGUA APROXIMADA (gr)
11500	92,5	7,5	10637,5	862,5	2880
11500	85	15	9775	1725	2520
11500	77,5	22,5	8137,5	2362,5	2490
11500	70	30	7350	3150	2370

Fuente. Autores del proyecto.

5. Compactación y Moldeo: Con el fin de evitar los vacíos en la mezcla, se procedió a realizar el moldeo y posterior compactación de los ladrillos, se empleó una máquina para moldear y ejercer compresión a la unidad a elaborar, en ésta, la mezcla se comprimió hasta obtener las medidas deseadas (23 cm de largo x 12 cm de ancho x 7 cm de altura), transformándose en una masa más compacta y con un mínimo de vacíos. Cabe aclarar que las dimensiones pueden diferir de las medidas establecidas en un porcentaje de tolerancia no mayor al 1%.³⁰ El método de llenado fue realizado en capas y con la ayuda de una varilla para acomodar la mezcla. La máquina utilizada para el moldeo y compactación de los ladrillos fue fabricada por los autores del proyecto y se muestra a continuación en la Fotografía 3.

³⁰ Según la Norma Técnica Colombiana NTC 4026 – “Ingeniería Civil y Arquitectura. Unidades (Bloques y Ladrillos) de Concreto, para Mampostería Estructural”.

Fotografía 3. Máquina para Moldeo y Compactación.



Fuente. Autores del proyecto.

6. Fraguado: Para asegurar este proceso y el desarrollo eficiente de la resistencia y apariencia de los ladrillos, éstos fueron almacenados con una adecuada protección frente al sol y la lluvia con la finalidad de que puedan mantenerse húmedos sin secarse instantáneamente, ya que esto produce pérdida de consistencia del producto. Considerando las condiciones climáticas de Neiva, fue controlada la pérdida brusca de humedad, por medio de la adición de agua por rocío manual, durante un periodo de veinticuatro (24) horas, dos (2) veces al día.

7. Curado: Con el propósito de garantizar la continuidad de la reacción química del cemento para obtener los resultados esperados de calidad y resistencia, a partir del tercer día de producidos se continuó el proceso de hidratación de los ladrillos,

mediante el rocío de agua tres (3) veces al día por seis (6) días, cubriéndolos con costales húmedos para evitar que se evapore fácilmente el agua.

Finalizado el proceso de fabricación de los ladrillos de cortes-cemento, quedan aptos para realizarse el control de calidad y los respectivos ensayos físico-mecánicos a los siete (7), catorce (14) y veintiocho (28) días, según la norma. Algunos ladrillos de cortes-cemento obtenidos a partir del proceso de fabricación, se observan en la Fotografía 4.

Fotografía 4. Ladrillos Fabricados de Cortes-Cemento.



Fuente. Autores del proyecto.

6.4. REALIZACIÓN DE PRUEBAS FÍSICO-MECÁNICAS A LOS LADRILLOS.

Para esta fase se llevaron a cabo los ensayos físicos y mecánicos propuestos en las Normas Técnicas Colombianas – NTC, esto con el propósito de obtener las propiedades de los ladrillos y hacer una comparación entre los resultados obtenidos y los aceptados en dichos documentos. Los 10 ladrillos de cortes-cemento se ensayaron bajo las Normas Técnicas Colombianas - NTC 4024 (Prefabricados de

Concreto. Muestreo y Ensayo de Concreto No Reforzados, Vibro compactados) y NTC - 4026 (Ingeniería Civil y Arquitectura. Unidades (Bloques y Ladrillos) de Concreto, para Mampostería Estructural). Estos ensayos fueron realizados en los laboratorios de la empresa CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA. ubicada en la ciudad de Neiva, y CHEMILAB S.A.S. ubicado en la ciudad de Bogotá D.C., dichos laboratorios se encuentran dotados de los implementos necesarios para su elaboración con sus respectivos certificados de calibración de equipos y acreditación por el IDEAM.

6.4.1. Ensayos a los Cortes de Perforación. Para los cortes de perforación, se realizó el siguiente ensayo:

6.4.1.1. Procedimiento de Lixiviado para Característica de Toxicidad (TCLP): Se realizó el Procedimiento de Lixiviado para Característica de Toxicidad (TCLP - por sus siglas en inglés), la cual consiste en triturar el residuo, ponerlo en contacto con agua ácida e ir controlando el arrastre de partículas contaminantes. Ello reproduce lo que va a ocurrir en el lugar de disposición final de los desechos de perforación según lo permisos otorgados por la licencia ambiental a la compañía operadora. La importancia de la prueba es que soporta la toma de decisiones en cuanto a la selección del tipo de disposición que se va a realizar a los cortes de perforación; sin embargo, un resultado de ausencia de contaminantes o que no exceda los niveles máximos permisibles, no constituye una prueba concluyente para la determinación de la característica de toxicidad, es necesario la aplicación de los demás criterios de toxicidad incluidos en el decreto 4741 de 2005.

6.4.2. Ensayos a los Ladrillos. Se elaboró un conjunto de diez (10) ladrillos, dos (2) para cada combinación de cortes y cemento y se les realizaron los siguientes ensayos:

6.4.2.1. Resistencia a la Compresión: La resistencia potencial se determinó siguiendo el procedimiento normalizado y su valor es tomado como referencia de calidad (NTC 4024). Se determinó a los siete (7), catorce (14) y veintiocho (28) días mediante la aplicación de una fuerza creciente de compresión sobre la unidad en la misma dirección en que trabaja en el muro hasta su fallo.

6.4.2.2. Densidad: Esta propiedad se determinó mediante el ensayo correspondiente descrito en la norma NTC 4024 y permite establecer si el ladrillo es pesado, liviano o normal y con esto el índice de esfuerzo en su fabricación.

6.4.2.3. Absorción: Para determinar esta propiedad se tuvo en cuenta la norma NTC 4024, que brinda un procedimiento de ensayo para determinar el porcentaje de absorción de agua de los especímenes fabricados.

6.4.2.4. Contenido de Humedad: Se determinó mediante el ensayo correspondiente descrito en la norma NTC 4024 como porcentaje de la absorción total del ladrillo.

6.4.3. Análisis e Interpretación de Resultados Obtenidos. Una vez obtenidos los datos de la fase anterior, se procedió a efectuar el análisis comparativo de los mismos respecto a los parámetros establecidos en las Normas Técnicas Colombianas (NTC) del ICONTEC; se utilizaron herramientas como Excel y Word para facilitar el desarrollo de todo el proyecto. Con base en las tabulaciones hechas en los programas mencionados, se compararon los resultados obtenidos de Resistencia a la Compresión, Densidad, Absorción y Contenido de Humedad y se establecen comparaciones en cuanto a costos de fabricación de los ladrillos de cortes-cemento con respecto a los ladrillos prefabricados convencionales que se encuentran comúnmente en el mercado.

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de efectuar los ensayos de laboratorio pertinentes para el desarrollo de la investigación se obtuvieron los resultados que se consignan a continuación:

7.1. ENSAYO A LOS CORTES DE PERFORACIÓN

7.1.1. Procedimiento de Lixiviado para Característica de Toxicidad (TCLP). Los resultados de la prueba de lixiviación obtenidos del laboratorio ambiental acreditado por el IDEAM en la matriz residuos peligrosos. Los resultados de la prueba se describen en el siguiente cuadro:

Cuadro 12. Resultados del Procedimiento TCLP para los Cortes de Perforación del Pozo X.

REPORTE DE RESULTADOS						
ÍTEM	FECHA DE ANÁLISIS	ANÁLISIS EN LIXIVIADO	UNIDAD	MÉTODO ANALÍTICO	CASTILLA	DECRETO 4741
					MS 4735	
1	2017-06-16	Arsénico total	mg/kg	EPA 7062 B/SM 3114 C	< 0,02	5
2	2017-06-16	Bario total	mg/kg	EPA 3050 B/SM 3111 D	< 0,5	100
3	2017-06-16	Cadmio total	mg/kg	EPA 3050 B/SM 3111 B	< 0,05	1
4	2017-06-16	Cromo hexavalente	mg/kg	EPA 3050 B/SM 3111 B	< 0,04	N.E.
5	2017-06-16	Mercurio total*	mg/kg	EPA 7471 B/SM 3112 B	< 0,003	0,2
6	2017-06-16	pH*	Unidad	IGAC	10,0	6,0 - 9,0
7	2017-06-16	Plata total	mg/kg	EPA 3050 B/SM 3111 B	< 0,05	1
8	2017-06-16	Plomo total*	mg/kg	EPA 3050 B/SM 3111 B	< 0,4	500
9	2017-06-16	Selenio total*	mg/kg	EPA 7742 B/SM 3114 C	< 0,01	10
10	2017-06-16	Vanadio total*	mg/kg	EPA 3050 B/SM 3111 D	< 2,0	N.E.
11	2017-06-16	Níquel	mg/kg	EPA 3050 B-SM 3111 B	< 0,1	N.E.

12	2017-06-16	Cloruros	mg/kg	EPA 3050 B-SM 4500CI-B	13,0	N.E.
13	2017-06-16	Cromo total	mg/kg	EPA 3050 B-SM 3111 B	< 0,08	N.E.
14	2017-06-16	Zinc total*	mg/kg	EPA 3050 B-SM 3111 B	18,2	5

*ChemiLab tiene estos parámetros acreditados mediante resolución 1551, 1965, de 2011, 1236 y 1443 de 2012 del IDEAM. N.E. – No Especificado en el Decreto 4741.

Fuente: Reporte dado por ChemiLab S.A.S.

La interpretación de estos resultados (ver Anexo A - Resultado de Análisis de Procedimiento TCLP para los Cortes de Perforación del Pozo X) permite evidenciar el cumplimiento de la mayoría de los límites permisibles establecidos en la normatividad ambiental, a excepción del zinc total, el cual supera significativamente el límite establecido en el decreto 4741 de 2005. Niveles altos de zinc podrían tener efectos adversos en la salud y en el ambiente (incrementando la acidez y dureza del agua y en suelos, limitando la capacidad de supervivencia de las plantas); sin embargo, para el presente estudio, este resultado no genera un impacto negativo en el ambiente y en la salud, por encontrarse estabilizado junto con otros componentes en los ladrillos.

7.2. ENSAYOS A LOS LADRILLOS

7.2.1. Resistencia a la Compresión. Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron mediante una maquina hidráulica como se muestra en la Fotografía 5. En esta máquina se alineó el ladrillo con ayuda de platinas de acero para que recibiera la carga de forma uniforme; posterior a esto se le aplicó una fuerza hasta completar la rotura de los ladrillos, esta prueba se realizó a los siete (7), catorce (14) y veintiocho (28) días ya que permite determinar el aumento de la resistencia. Para este ensayo se pusieron a prueba doce (12) ladrillos, tres (3) para cada diseño de mezcla (7,5%, 15%, 22,5% y 30% de cemento). Ver Anexo C Registro Fotográfico de los Ensayos de Resistencia a la Compresión.

Fotografía 5. Máquina Hidráulica de Compresión para la Realización del Ensayo.



Fuente. Autores del proyecto.

Los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de ladrillos de cortes-cemento para cada tiempo de ensayo, se muestran en el siguiente cuadro:

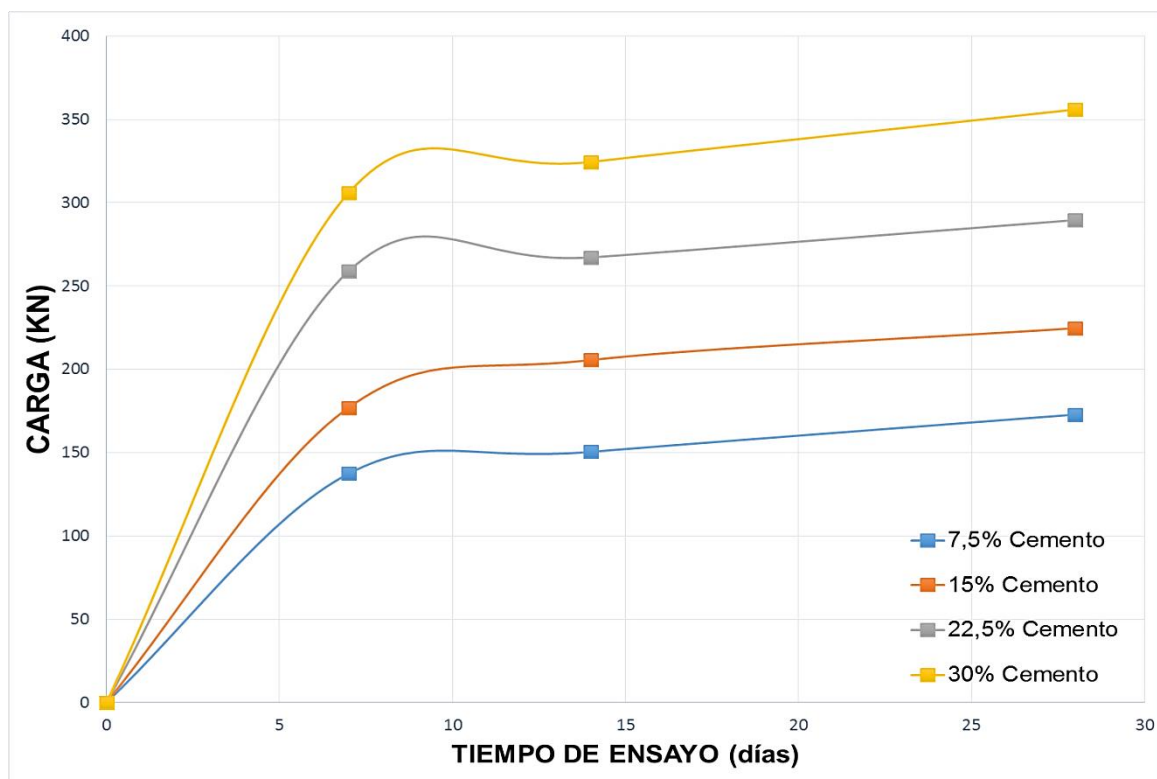
Cuadro 13. Resultados de la Prueba de Resistencia a la Compresión de Ladrillos de Cortes-Cemento para cada Tiempo de Ensayo.

MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	ESTRUCTURAL	NO ESTRUCTURAL	% CEMENTO	DIAS
P1	23.2	12.1	6.9	87.4	53.3	NO	SI	7,5	7
P2	23.1	12.0	7.1	90.5	60.8	NO	SI		14
P3	23.0	12.0	7.0	120.0	62.1	NO	SI		28
P4	23.0	11.8	7.1	139.4	79.4	SI	NO	15	7
P5	22.8	11.9	7.0	139.4	81.3	SI	NO		14
P6	22.9	12.0	7.1	151.0	84.1	SI	NO		28
P7	23.2	12.1	7.0	172.9	90.4	SI	NO	22,5	7
P8	23.0	12.0	7.0	177.0	90.4	SI	NO		14
P9	22.8	11.9	6.9	178.0	91.4	SI	NO		28
P10	22.8	11.8	7.0	224.7	126.5	SI	NO	30	7
P11	23.1	11.9	7.0	228.6	150.1	SI	NO		14
P12	23.0	12.0	7.1	356.0	164.8	SI	NO		28

Fuente. Autores del proyecto.

De acuerdo a las normas NTC 4076 y NTC 4026, éstas especifican que la resistencia a la compresión evaluada a los veintiocho (28) días sobre el área neta promedio del espécimen, debe ser mínimo de 5 MPa (50,98 Kg/cm²) para unidades individuales de mampostería no estructural y mínimo de 7 MPa (71,38 Kg/cm²) para unidades individuales de mampostería estructural. Con base en los resultados (ver Anexo B Reportes de los Ensayos de Resistencia a la Compresión de los Especímenes de Estudio) se evidencia que para los ladrillos fabricados con un porcentaje de cemento de 7,5% cumplen con los requisitos para mampostería no estructural. Por otro lado, los ladrillos fabricados con un porcentaje de cemento de 15% y 22,5% aplican para mampostería estructural de baja resistencia, mientras que los ladrillos fabricados con un porcentaje de cemento de 30% son aptos para mampostería estructural de alta resistencia, siempre y cuando tengan una resistencia a la compresión mínima individual de 11 MPa.

Figura 14. Curva de Carga de Rotura para cada Tiempo de Ensayo.



Fuente. Autores del proyecto.

Los resultados mostrados en la Figura 14 indican que existe una relación directamente proporcional entre la cantidad de cemento y la resistencia a los siete (7), catorce (14) y veintiocho (28) días, es decir que la resistencia a la compresión de los especímenes aumenta con el incremento del porcentaje de cemento utilizado en cada diseño de mezcla tomado del Cuadro 11.

7.2.2. Densidad. Es importante tener en cuenta el peso de los ladrillos en la construcción sea en mampostería estructural y no estructural, ya que se busca el menor peso muerto de las estructuras, minimizando los costos, evitando daños al suelo y la estructura en sí misma.

El procedimiento a realizar en este caso es el de pesar cada uno de los ladrillos mediante una balanza para obtener el valor de cada espécimen. Para determinar la densidad de los ladrillos se tuvo en cuenta el promedio de la masa de cada diseño

de mezcla, mostrado en el Cuadro 14; estos valores de densidad se obtuvieron mediante la siguiente ecuación establecida en los procedimientos de la norma NTC 4024:

$$\text{Densidad } (D), \frac{Kg}{m^3} = \left[\frac{M_s}{(M_h - M_a)} \right] \times 1000$$

Donde:

M_s = Masa Seca del Espécimen, en Kg.

M_h = Masa Saturada del Espécimen, en Kg.

M_a = Masa del Espécimen Inmerso en Agua y Suspendido, en Kg.

Los datos de Masa Seca, Saturada y del Espécimen Inmerso en Agua y Suspendido, fueron obtenidos promediando los valores de los resultados de laboratorio realizados a los ladrillos en CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA. como se evidencia en el Anexo B Reportes de los Ensayos de Resistencia a la Compresión de los Especímenes de Estudio.

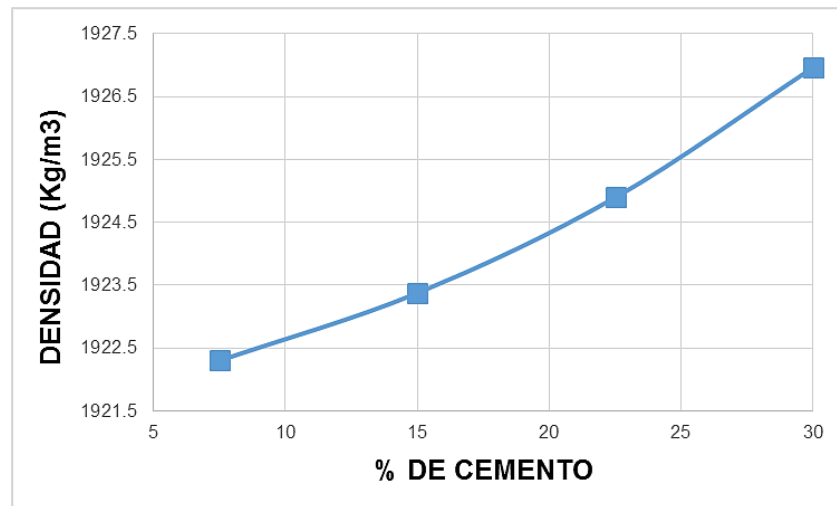
Cuadro 14. Masas de los Ladrillos de acuerdo al Porcentaje de Cemento.

% DE CEMENTO	MASA DE MUESTREO (gr)	MASA SECA (gr)	MASA SATURADA (gr)	MASA SUSPENDIDA (gr)	DENSIDAD (Kg/m ³)
7,5	2793,9	2788,3	2928,3	1477,8	1922,3
15	2810,6	2805,0	2945,0	1486,7	1923,4
22,5	2834,0	2828,3	2968,3	1499,0	1924,9
30	2865,7	2860,0	3000,0	1515,8	1927,0

Fuente. Autores del proyecto.

Con base en la anterior información se puede concluir que todos los ladrillos se clasifican de peso mediano, debido a que están en el rango de 1680 Kg/m³ hasta y menos 2000 Kg/m³.

Figura 15. Curva de Densidad Vs. Porcentaje de Cemento.



Fuente. Autores del proyecto.

De la Figura 15 se puede deducir que el porcentaje de cemento guarda una relación directamente proporcional con la densidad, es decir, que a mayor cantidad de cemento es mayor la densidad.

7.2.3. Absorción. Con base en los datos obtenidos de las pruebas de laboratorio, se determinó el porcentaje de absorción para los ladrillos para los diferentes diseños de mezclas establecidos en el Cuadro 11; estos valores se obtuvieron con las siguientes ecuaciones establecidas en los procedimientos de la norma NTC 4024:

$$\text{Absorción } (Aa), \% = \left[\frac{(M_h - M_s)}{(M_h - M_a)} \right] \times 100$$

$$\text{Absorción } (Aa), \frac{Kg}{m^3} = \left[\frac{(M_h - M_s)}{(M_h - M_a)} \right] \times 1000$$

Donde:

M_s = Masa Seca del Espécimen, en Kg.

M_h = Masa Saturada del Espécimen, en Kg.

M_a = Masa del Espécimen Inmerso en Agua y Suspendido, en Kg.

Los datos para el cálculo de la absorción de los ladrillos se tomaron del Cuadro 14.

Cuadro 15. Absorción de los Ladrillos de acuerdo al Porcentaje de Cemento.

% DE CEMENTO	ABSORCIÓN (Kg/m³)	% DE ABSORCIÓN
7,5	96,5	5,0
15	96,0	5,0
22,5	95,3	5,0
30	94,3	4,9

Fuente. Autores del proyecto.

De acuerdo a los resultados tabulados en el Cuadro 15, se puede observar que los ladrillos cumplen con los porcentajes de humedad establecidos en la norma para mampostería estructural y no estructural. Es importante tener la menor absorción posible en el ladrillo, con el fin de evitar la pérdida de agua de los morteros de pega y de inyección, impidiendo de esta manera la reducción de adherencia del cemento en la superficie que unen los ladrillos en la construcción de muros y originando fisuras.

7.2.4. Contenido de Humedad. El contenido de humedad no es una propiedad del cemento del ladrillo sino un nivel de presencia de la humedad intermedia entre la saturación y estado seco al horno, dentro de su masa. Se determinó mediante el ensayo correspondiente descrito en la norma NTC 4024 usando la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Contenido de Humedad (H), como porcentaje de la absorción total, \%} \\ = \left[\frac{(M_m - M_s)}{(M_h - M_s)} \right] \times 100 \end{aligned}$$

Donde:

M_m = Masa del Espécimen tal como se tomó en el Muestreo, en Kg.

M_s = Masa Seca del Espécimen, en Kg.

M_h = Masa Saturada del Espécimen, en Kg.

M_a = Masa del Espécimen Inmerso en Agua y Suspendido, en Kg.

Los datos para el cálculo del contenido de humedad de los ladrillos se tomaron del Cuadro 14.

Cuadro 16. Contenido de Humedad de acuerdo al Porcentaje de Cemento.

% DE CEMENTO	% DE HUMEDAD
7,5	3,98
15	4,01
22,5	4,04
30	4,09

Fuente. Autores del proyecto.

En los resultados tabulados en el Cuadro 16 se refleja que el porcentaje de humedad aumenta conforme se emplea mayor cantidad de cemento en la mezcla, debido a que el cemento tiene mayor capacidad de absorber la humedad.

7.3. ANÁLISIS DE COSTOS PARA LADRILLOS DE CORTES-CEMENTO

La evaluación económica para la fabricación de ladrillos como alternativa viable para el aprovechamiento de cortes de perforación base agua, se realizó haciendo una comparación entre la fabricación de ladrillos prefabricados convencionales con los ladrillos propuestos de cortes-cemento, con porcentajes de cemento de 7,5%, 15%, 22,5% y 30%. La empresa PREFABRICADOS EL PEÑÓN localizada en la ciudad de Neiva, emplea cinco (5) operarios, los cuales realizan el proceso de fabricación de 44 ladrillos prefabricados convencionales macizos tipo (M) al día, en un tiempo de cuarenta (40) minutos aproximadamente por cada saco de cemento, este dato es de importancia para el cálculo del costo de la mano de obra; con base en esta información y conociendo el costo de los agregados (finos y gruesos), el cemento y los costes de administración, se puede determinar el costo unitario para cada ladrillo propuesto de cortes-cemento para cada diseño de mezcla. Los datos se muestran a continuación en los siguientes cuadros:

Cuadro 17. Análisis de Costos para Ladrillos Prefabricados Convencionales Macizos Tipo (M).

LADRILLOS PREFABRICADOS CONVENCIONALES MACIZOS TIPO (M)		
UNIDADES DE LADRILLOS POR SACO DE CEMENTO	44	
AGREGADOS (LATAS DE ARENA POR BOLSA DE CEMENTO)	ARENA GRUESA	VALOR
	10	\$8.450
	ARENA FINA	VALOR
	6	\$3.735
VALOR DE AGREGADOS POR BOLSA DE CEMENTO	\$12.185	
VALOR BOLSA DE CEMENTO	\$20.000	
VALOR ADMINISTRACIÓN	\$11.000	
VALOR MANO DE OBRA	SALARIO MÍNIMO LEGAL VIGENTE	\$737.717
	HORAS AL DÍA	8
	COSTO POR DÍA	\$24.591
	COSTO POR HORA	\$3.074
	COSTO POR 40 MINUTOS	\$2.047
	COSTO DE 5 OPERARIOS	\$10.236
COSTO ANTES DE PÉRDIDA	\$53.421	
PÉRDIDA 3%	\$1.603	
COSTO DE PRODUCCIÓN	\$51.818	
COSTO DE PRODUCCIÓN POR UNIDAD DE LADRILLO	\$1.178	
COSTO VENTA UTILIDAD 23%	\$1.449	
COSTO VENTA UTILIDAD 30%	\$1.531	

Fuente. Autores del proyecto.

En el Cuadro 17 se consignan los costos obtenidos para la fabricación de ladrillos prefabricados convencionales, datos suministrados por la empresa PREFABRICADOS EL PEÑÓN con el fin de establecer parámetros de comparación frente a las unidades fabricadas con los diferentes diseños de mezcla de los ladrillos de cortes-cemento.

Cuadro 18. Análisis de Costos para Ladrillos de Cortes – 7,5% de Cemento.

LADRILLOS DE CORTES - 7,5% DE CEMENTO		
UNIDADES POR SACO DE CEMENTO	234	
VALOR SACO DE CEMENTO	\$20.000	
VALOR ADMINISTRACIÓN	\$58.500	
VALOR MANO DE OBRA	SALARIO MÍNIMO LEGAL VIGENTE	\$737.717
	HORAS AL DÍA	8
	COSTO POR DÍA	\$24.591
	COSTO POR HORA	\$3.074
	COSTO POR 40 MINUTOS	\$2.047
	COSTO DE 27 OPERARIOS	\$55.273
COSTO ANTES DE PÉRDIDA	\$133.773	
PÉRDIDA 3%	\$4.013	
COSTO DE PRODUCCIÓN	\$129.760	
COSTO DE PRODUCCION POR UNIDAD DE LADRILLO	\$554	
COSTO VENTA UTILIDAD 23%	\$682	
COSTO VENTA UTILIDAD 30%	\$721	

Fuente. Autores del proyecto.

En el Cuadro 18 se analizan los costos obtenidos para la fabricación de ladrillos de cortes-cemento para un diseño de mezcla de 7,5% de cemento. Al requerirse una menor cantidad de cemento para la elaboración de estos ladrillos, se observa que, aunque el valor del costo de producción incrementa con referencia al ladrillo convencional, el margen de utilidad aumenta debido a la mayor cantidad de unidades producidas por saco de cemento.

Cuadro 19. Análisis de Costos para Ladrillos de Cortes – 15% de Cemento.

LADRILLOS DE CORTES - 15% DE CEMENTO		
UNIDADES POR SACO DE CEMENTO	116	
VALOR SACO DE CEMENTO	\$20.000	
VALOR ADMINISTRACIÓN	\$29.000	
VALOR MANO DE OBRA	SALARIO MÍNIMO LEGAL VIGENTE	\$737.717
	HORAS AL DÍA	8
	COSTO POR DÍA	\$24.591
	COSTO POR HORA	\$3.074
	COSTO POR 40 MINUTOS	\$2.047
	COSTO DE 13 OPERARIOS	\$26.613
COSTO ANTES DE PÉRDIDA	\$75.613	
PÉRDIDA 3%	\$2.268	
COSTO DE PRODUCCIÓN	\$73.345	
COSTO DE PRODUCCION POR UNIDAD DE LADRILLO	\$632	
COSTO VENTA UTILIDAD 23%	\$778	
COSTO VENTA UTILIDAD 30%	\$822	

Fuente. Autores del proyecto.

En el Cuadro 19 se estudian los costos obtenidos para la fabricación de ladrillos de cortes-cemento para un diseño de mezcla del 15% de cemento. Para este caso se observa que se obtiene una menor cantidad de unidades de mampostería, por lo que el costo de producción disminuye debido a la reducción de los costos operacionales y administrativos. Por otro lado, es de resaltar que se puede obtener un margen de utilidad significativo porque se obtiene mayor número de ladrillos por saco de cemento en comparación con la producción de ladrillos prefabricados convencionales.

Cuadro 20. Análisis de Costos para Ladrillos de Cortes – 22,5% de Cemento.

LADRILLOS DE CORTES – 22,5% DE CEMENTO		
UNIDADES POR SACO DE CEMENTO	78	
VALOR SACO DE CEMENTO	\$20.000	
VALOR ADMINISTRACIÓN	\$19.500	
VALOR MANO DE OBRA	SALARIO MÍNIMO LEGAL VIGENTE	\$737.717
	HORAS AL DÍA	8
	COSTO POR DÍA	\$24.591
	COSTO POR HORA	\$3.074
	COSTO POR 40 MINUTOS	\$2.047
	COSTO DE 9 OPERARIOS	\$18.424
COSTO ANTES DE PÉRDIDA	\$57.924	
PÉRDIDA 3%	\$1.738	
COSTO DE PRODUCCIÓN	\$56.187	
COSTO DE PRODUCCION POR UNIDAD DE LADRILLO	\$720	
COSTO VENTA UTILIDAD 23%	\$886	
COSTO VENTA UTILIDAD 30%	\$936	

Fuente. Autores del proyecto.

En el Cuadro 20 se pueden observar los costos obtenidos para la fabricación de ladrillos de cortes-cemento para un diseño de mezcla del 22,5% de cemento. Se puede observar que, al aumentar el porcentaje de cemento utilizado en la mezcla, se reduce el número de unidades producidas y por ende el costo de producción por unidad. Sin embargo, las utilidades resultantes son superiores que las obtenidas en la producción de unidades prefabricadas convencionales.

Cuadro 21. Análisis de Costos para Ladrillos de Cortes – 30% de Cemento.

LADRILLOS DE CORTES – 30% DE CEMENTO		
UNIDADES POR SACO DE CEMENTO	58	
VALOR SACO DE CEMENTO	\$20.000	
VALOR ADMINISTRACIÓN	\$14.500	
VALOR MANO DE OBRA	SALARIO MÍNIMO LEGAL VIGENTE	\$737.717
	HORAS AL DÍA	8
	COSTO POR DÍA	\$24.591
	COSTO POR HORA	\$3.074
	COSTO POR 40 MINUTOS	\$2.047
	COSTO DE 7 OPERARIOS	\$14.330
COSTO ANTES DE PÉRDIDA	\$48.830	
PÉRDIDA 3%	\$1.465	
COSTO DE PRODUCCIÓN	\$47.365	
COSTO DE PRODUCCION POR UNIDAD DE LADRILLO	\$817	
COSTO VENTA UTILIDAD 23%	\$1.004	
COSTO VENTA UTILIDAD 30%	\$1.062	

Fuente. Autores del proyecto.

En el Cuadro 21 se pueden apreciar los costos obtenidos para la fabricación de ladrillos de cortes-cemento para un diseño de mezcla del 30% de cemento, se evidencia la misma tendencia de los anteriores análisis de costos por cada porcentaje de cemento utilizado.

Finalmente analizando los costos obtenidos para la fabricación de ladrillos de cortes-cemento para los diferentes diseños de mezclas, se puede inferir que los costos de producción por unidad en ningún caso superan el costo de fabricación de ladrillos prefabricados convencionales macizos tipo (M), por lo que la alternativa se muestra económica y operativamente viable. El costo de producción por unidad de ladrillo de cortes-cemento aumenta con el incremento del porcentaje de cemento utilizado en la mezcla. Por otro lado, a menor porcentaje de conglomerante utilizado en la fabricación de dichas unidades, en consecuencia, aumenta el margen de utilidad en caso de que se lleguen a comercializar las unidades propuestas en el presente proyecto porque el costo de fabricación es muy atractivo en comparación a la industria de los prefabricados convencionales.

8. CONCLUSIONES

- Se identificó la composición litológica, mineralógica y demás características físico-químicas de una muestra representativa de los cortes de perforación generados por un pozo del Campo Castilla perteneciente a la Cuenca de los Llanos Orientales, lo cual fue necesario para proponer la alternativa para el aprovechamiento de los cortes y correlacionar la información con los datos obtenidos en las pruebas de laboratorio para las unidades de mampostería.
- De acuerdo a la caracterización de los cortes de perforación utilizados, la clase textural corresponde a un suelo limo arenoso, lo cual permite el aprovechamiento para la elaboración de unidades utilizadas en la construcción de estructuras.
- Se determinó que los ladrillos fabricados de cortes-cemento en sus diferentes porcentajes de diseño de mezcla, cumplieron con la resistencia mínima requerida por las Normas Técnicas Colombianas, tanto para mampostería no estructural que establece un mínimo de resistencia a la compresión de 5 MPa, como para mampostería estructural de baja y alta resistencia cuyos valores mínimos corresponden a 7 MPa y 11 MPa respectivamente.
- Las unidades de mampostería obtenidas en las diferentes proporciones de cemento se clasifican como unidades de peso mediano, ya que los resultados se encuentran por debajo de los 2000 Kg/m³ lo cual representa una ventaja muy importante para su uso en el sector de la construcción donde se busca que las estructuras posean el menor peso muerto para minimizar los costos, el impacto al suelo y a la estructura en sí misma.
- En cuanto a la absorción, los resultados fueron satisfactorios ya que los porcentajes obtenidos se encuentran por debajo del mínimo establecido en las normas para mampostería estructural y no estructural, lo cual evita la deshidratación del mortero en el proceso de pega de los ladrillos, evitando posibles fisuras y mejorando la adherencia entre el ladrillo y el mortero, lo que mejora la resistencia al esfuerzo de tracción de las estructuras.
- La prueba de lixiviación de los cortes de perforación permitió evidenciar el cumplimiento de la mayoría de los límites permisibles establecidos por el

decreto 4741 de 2005, por lo que los ladrillos al estar estabilizados y encapsulados en cemento, no constituyen un problema en términos de lixiviación de contaminantes que puedan afectar el ambiente y la salud, lo que resuelta una alternativa interesante para el sector de la construcción mediante el empleo del residuo como adición al cemento en las proporciones estudiadas.

- La utilización de los cortes de perforación base agua para la fabricación de una estructura rígida estabilizada con cemento, permite encapsular algunos componentes como los metales pesados, evitando así la biodisponibilidad en el ambiente, como suele ocurrir con otras alternativas de tratamiento y disposición de desechos generados en las actividades asociadas a la industria del petróleo.
- El aprovechamiento de cortes de perforación base agua para la fabricación de ladrillos puede ser una alternativa viable y sostenible en términos de producción en serie, frente a los métodos actuales de producción de unidades prefabricadas, teniendo en cuenta que cada vez la legislación ambiental es más estricta y propende por minimizar los impactos generados al ambiente y a las comunidades de las zonas de influencia de los proyectos de exploración y explotación de hidrocarburos.

9. RECOMENDACIONES

- Realizar un seguimiento ambiental mediante pruebas de lixiviación o una modelación de los metales pesados mediante técnicas más precisas como el procedimiento de precipitación sintética (SPLP – por sus siglas en inglés) con el fin de establecer si a futuro existe biodisponibilidad al ambiente de las bajas concentraciones identificadas en esta investigación en los ladrillos, ya que puede existir deterioro del elemento constructivo por exposición a las condiciones atmosféricas, desgaste del mismo por manipulación o el tiempo de vida.
- Realizar la caracterización de la composición química y mineralógica de los cortes de perforación, mediante técnicas de fluorescencia de rayos X, difracción de rayos X y espectroscopia de infrarrojo, con el fin de conocer más sobre la interacción de los componentes entre sí, en el proceso de estabilización y solidificación de los ladrillos.
- Se recomienda analizar el uso de aditivos para el cemento que puedan mejorar las características y la versatilidad en los procesos de construcción de las unidades de mampostería, con el fin de obtener mayor durabilidad y resistencia, evitar fisuramientos, entre otros posibles inconvenientes asociados al proceso.
- Se recomienda promover y gestionar el aprovechamiento y la utilización de cortes de perforación para otras alternativas como son la estabilización de suelos y carreteras, construcción de vías terciarias, tratamientos superficiales y supresores de polvo, insumo para la fabricación de cemento siempre se tenga un conocimiento más detallado de la composición de los cortes de perforación.
- Para la implementación de la alternativa propuesta en este proyecto, se recomienda un recálculo de todos los datos y la contratación de otros servicios de laboratorios especializados con el fin de comparar y validar los resultados obtenidos.
- Realizar más investigaciones similares a la realizada en este proyecto a otros campos y/o bloques de exploración y explotación de hidrocarburos, en las diferentes cuencas sedimentarias existentes en el país con el fin de determinar la viabilidad técnica, financiera y operativa del proceso.

BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS – ANH. Cuenca Llanos Orientales: Integración Geológica de la Digitalización y Análisis de Núcleos. Bogotá D.C., Colombia, diciembre de 2012.

AGUIRRE, David. Trabajo Especial de Grado: Estudio Sobre la Implantación de un Sistema para la Disposición de Cortes de Perforación Petrolera Base Agua en Zonas Alteradas Físicamente. Universidad Internacional “SEK”, Quito, Ecuador. 2008.

ALFARO, Laura. Trabajo Especial de Grado: “Diseño de un Centro de Tratamiento y Disposición de Desechos Producidos por la Actividad de Perforación Petrolera en las Regiones de Tomoporo y Tiajuana”. Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela. 2009.

ÁLVAREZ HERRERA, María C., MARQUEZ DÌAZ, Edsson G., Trabajo Especial de Grado: “Evaluación de los Resultados de Cementación de la Sección Intermedia de un Pozo Inyector de un Campo en la Cuenca Llanos Orientales por Medio de la Simulación del Uso de la Tecnología Cabeza Rotativa de Cementación” Fundación Universidad de América, Bogotá D.C., Colombia, 2016.

AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES (ANLA). Funciones de la ANLA. Disponible en: <http://www.anla.gov.co/funciones-anla>. Consultado el 25 de febrero de 2017.

BN AMERICAS. Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). [En línea]. Disponible en: <https://www.bnamericas.com/company-profile/es/agencia-nacional-de-hidrocarburos-anh-colombia>. Consultado el 25 de Febrero de 2017.

BREVE ENCICLOPEDIA DE AMBIENTE. Efluente. [En línea]. Disponible en: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Efluentes.htm>. Consultado el 25 de febrero de 2017.

CASANOVA ANGARITA, Carlos M. Trabajo Especial de Grado: “Modelo 3D de Distribución de la Porosidad del Yacimiento K1-Inferior a Partir de Inversión Sísmica

y Atributos en el Campo Castilla, Cuenca de los Llanos Orientales” Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., 2016.

CASTILLO VEGA, Xiomar V., SÁENZ MORENO, Sergio D. Trabajo Especial de Grado: “Planteamiento de Una Alternativa para la Puesta en Marcha de un Sistema que Permita la Separación y Disposición Final de los Cortes Industriales de Perforación, en el Campo Castilla de ECOPETROL S.A.”, Fundación Universidad de América, Bogotá D.C., Colombia, 2017.

CEMEX S.A.B. DE C.V. Cemento. [En línea]. Disponible en: <http://www.cemexmexico.com/productos/cemento/tipos-de-cemento/cemento-blanco>. Consultado el 26 de febrero de 2017.

CONSTRUAPRENDE S.A. DE C.V. [En línea]. Características del Concreto. Disponible en: <http://www.construaprende.com/docs/trabajos/305-caracteristicas-concreto?start=4>. Consultado el 26 de febrero de 2017.

INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO – ICPC. Fabricación de Bloques de Concreto. Bogotá D.C., Colombia.

GATANI, Mariana P., Ladrillos de Suelo-Cemento: Mampuesto Tradicional en Base a Un Material Sostenible. Informes de la Construcción, Vol. 51, No.466. Marzo/abril de 2000.

GEEHAN, T., GILMOUR, A., GUO, Q. Tecnología de Avanzada en el Manejo de Residuos de Perforación. Oilfield Review, M-I SWACO, Houston (Texas), EE.UU. 2007.

KNEZ, D., GONET, A., FIJAŁ, J., CZEKAJ, L. Trends in the Drilling Waste Management. Acta Montanística Slovaca. 2006.

LIZARAZO, J., LEAL, C. Trabajo Especial de Grado: Estudio para la Implementación de Reinyección de Cortes Durante la Perforación de Pozos. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. 2011.

M-I SWACO. Drilling Fluids Engineering Manual. Versión 2.0, Houston, (Texas), USA, 2001.

MUNEVAR, L., RUBIO, M., TORO, M. Manual de Procedimientos para el Manejo de Cortes y Fluidos de Perforación. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. 2006.

ORTÍZ VALBUENA, Marcela. Trabajo Especial de Grado: "Manejo Ambiental de la Disposición Final de los Fluidos Base Utilizados en la Perforación de Algunos Pozos Petroleros en Colombia" Fundación Universidad de América, Bogotá D.C., Colombia, 2016.

PAGE, P., W., SPE, Greaves, C., SPE, BP EXPLORATION CO., LAWSON, R., SHELL EXPRO; HAYES, S., BMT CORDAH LTD.; BOYLE, F., MACDONALD M. Paper 80583 prepared for presentation at the SPE/EPA/DOE Exploration and Production Environmental Conference held in San Antonio, Texas, USA, 10 –12 March, 2003.

PAUL, W., GREAVES, Ch., LAWSON, R., HAYES, S., BOYLE, F. Options for the Recycling of Drill Cuttings. Exploration and Production Environmental Conference, San Antonio (Texas), USA, 10 - 12 March, 2003.

REINEL MUÑOZ, M. Trabajo Especial de Grado: Determinación de la Característica de Toxicidad por Lixiviación (TCLP) del Ingrediente Activo Malation en un Plaguicida Organofosforado Mediante el Procedimiento de TCLP. Universidad de La Salle, Bogotá D.C, Colombia. 2009.

RUIZ, C. Trabajo Especial de Grado: Tecnología de Descarga Cero de los Efluentes de los Fluidos de Perforación en Pozos de Offshore Plataforma Albacora Lote Z-1. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. 2012.

SALAMANCA CORREA, Rodrigo. Los Cementos Adicionados. Ciencia y e Ingeniería Neogranadina. Bogotá D.C., Colombia, Julio de 2009.

SCHLUMBERGER LIMITED. Oilfield Glossary en Español. [En línea]. Disponible en: <http://www.glossary.oilfield.slb.com/>. Consultado por última vez el 15 de septiembre de 2017.

SÓLO ARQUITECTURA. Conglomerantes. [En línea]. Disponible en: <https://www.soloarquitectura.com/foros/threads/aglomerantes-conglomerantes.42622/>. Consultado el 20 de octubre de 2017.

TU HORMIGÓN IMPRESO. Pigmentos para Hormigón. [En línea]. Disponible en: <http://www.resinatuhormigonimpreso.com/pigmentosparahormigon.html>.2015. Consultado el 15 de Marzo de 2017.

VEIL, John A. Drilling Waste Management: Past, Present, and Future. Paper SPE-77388 prepared for presentation at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in San Antonio (Texas), 29 September – 2 October. 2002.

ANEXOS

ANEXO A RESULTADO DE ANÁLISIS DE PROCEDIMIENTO TCLP PARA LOS CORTES DE PERFORACIÓN DEL POZO X



RESULTADOS DE ANALISIS



N° R 2669

Empresa:	Fecha Recepción: 2017/06/01
Nit:	Fecha de Emisión de resultados: 2017/06/23
Dirección:	Fecha de muestreo: 2017/05/24
Solicitado por: Jhon Harry Ramírez - Henry Chaves	Muestreo a cargo de: El cliente
Teléfono:	Plan de muestreo No: No aplica
Celular: 317 449 1155	Procedimiento de Muestreo: No aplica
e-mail: u20131116965@usco.edu.co	Número total de muestras: 1
Orden de Servicio: OSI 1992	Lugar de muestreo: Corte Pozo Castilla
	Tipo de muestreo: Compuesto
	Tipo de Muestra: ARI (), ARD (), AN (), AP ()
	S (), C (), Otra (x)

REPORTE DE RESULTADOS						
Item	Fecha de Análisis	Análisis en Lixiviado	Unidad	Método Analítico	CASTILLA	DECRETO 4741
					MS 4735	
1	2013-05-16	Arsenico total	mg/kg	EPA 7062 B / SM 3114 C	< 0,02	5
2	2013-05-16	Bario total	mg/kg	EPA 3050 B / SM 3111 D	<0,5	100
3	2013-05-16	Cadmio total	mg/kg	EPA 3050 B / SM 3111 B	<0,05	1
4	2013-05-20	Cromo hexavalente	mg/kg	EPA 3050 B / SM 3111 B	<0,04	N.E.
5	2013-05-16	Mercurio total*	mg/kg	EPA 7471 B / SM 3112 B	<0,003	0,2
6	2013-05-20	pH*	Unidad	IGAC	10,0	6,0 - 9,0
7	2013-05-16	Plata total	mg/kg	EPA 3050 B / SM 3111 B	<0,05	1
8	2013-05-16	Plomo total*	mg/kg	EPA 3050 B / SM 3111 B	<0,4	500
9	2013-05-16	Selenio total*	mg/kg	EPA 7742 B / SM 3114 C	<0,01	10
10	2013-05-16	Vanadio total*	mg/kg	EPA 3050 B / SM 3111 D	<2,0	N.E.
11	2013-05-16	Niquel	mg/kg	EPA 3050 B-SM 3111 B	<0,1	N.E.
12	2013-05-27	Cloruros	mg/kg	EPA 3050 B-SM 4500C1-B	13,0	N.E.
13	2013-05-16	Cromo total	mg/kg	EPA 3050 B-SM 3111 B	<0,06	N.E.
14	2013-05-16	Zinc total*	mg/kg	EPA 3050 B-SM 3111 B	18,2	5

ARI: Agua Residual Industrial, ARD: Agua Residual Doméstica, AN: Agua Superficial, AP: Agua Potable, S: Suelo, C: Corte
 *ChemiLab tiene estos parámetros acreditados mediante resolución 1551, 1965, de 2011, 1236 y 1443 de 2012 del IDEAM.
 ** Análisis realizados por laboratorio subcontratado acreditado
 Parámetro no acreditado

Observaciones: Métodos de Análisis aplicados según el Laboratorio de Suelos IGAC y US-EPA
 Métodos de Análisis aplicados según Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition 2005

Resultados validos unicamente para la(s) muestras analizadas.

Prohibida la reproduccion total o parcial de este informe sin autorización previa de ChemiLab S.A.S

RIGOBERTO BENAVIDES C.
 DIRECTOR TÉCNICO DE LABORATORIO
 PQ - 2480




ChemiLab S.A.S.
 Telefoc: (571) 8051910

PAGINA 1 DE 1

CARRERA 48 N° 93-87, La Castellana
 BOGOTÁ D.C.

ANEXO B REPORTE DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE ESTUDIO


CONSTRUCIONES SUMINISTROS LTDA
 INGENIERIA - LABORATORIOS - SERVICIOS


REPORTE DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO - LADRILLOS Y BLOQUES
LAB - FOR - 25

ORDEN DE SERVICIO No. 201-17

CLIENTE HENRY CHAVES / JOHN RAMIREZ
PROYECTO APROVECHAMIENTOS DE CORTES DE PERFORACION BASE AGUA
LOCALIZACION MUNICIPIO NEIVA DEPARTAMENTO HUILA


MATERIAL LADRILLO

FUENTE	DD	MM	AA	ESPECIFICACION
RECEPCION	15	08	2017	NTC 4026 - 1997
ENSAYO	16	08	2017	NORMA DE ENSAYO
REPORTE	17	08	2017	NTC 4024 - 2001

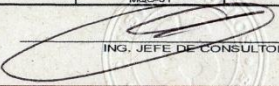


Unidad de mamposteria Maciza										NORMA NTC 4024 2001							
MUESTRA Nº	ANCHO B Cm	LARGO L Cm	ALTURA H Cm	PESO S.S.S. gr	PESO SECO gr	ABSORCION %	AREA Cm²	RESISTENCIA A LA COMPRESION SECCION BRUTA O AREA BRUTA		TIPO	RESISTENCIA MINIMA A LA COMPRESION Kg/Cm²	Absorción de Agua Maxima en %					
								Carga KN	Resist Kg/cm2			Interior		Exterior			
											Prom 5 U	Unidad	Prom 5 U	Unidad	Prom 5 U	Unidad	
1	12,1	23,2	6,9	2950,0	2810,0	5,0 %	281,2	137,4	49,8								
										UNIDADES DE MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL							
											PH	50	35	13	16	13,5	14
											PV	180	150	13	16	13,5	14
											M	200	150	13	16	13,5	14
										UNIDADES DE MAMPOSTERIA NO ESTRUCTURAL							
											PH	30	20	17	20	13,5	14
											PV	140	100	17	20	13,5	14
											M	140	100	17	20	13,5	14
PROMEDIO	12,1	23,2	6,9	PROMEDIO	2810,0	5,0 %	PROMEDIO		49,8								

OBSERVACIONES: Muestras Tomadas y Transportadas por el Cliente al laboratorio



EQUIPO EMPLEADO		CÓDIGO	FECHA DE CALIBRACION Y/O VERIFICACION	PH	Unidad de mamposteria de perforación Horizontal
Balanza Chaus Adventurer Pro AV 8101		BAL-14	15 de diciembre de 2015	PV	Unidad de mamposteria de perforación Vertical
Horno de secado BLE - Termometro Fluke 52II		TER-01	17 de noviembre de 2015	M	Unidad de mamposteria Maciza
Prensa Hidraulica BE Serie 1147-1.15		MCC-01	19 de enero de 2015		


 ING. JEFE DE CONSULTORIA

Reviso: Geol M^a Elizabeth Bonilla V.
 Subgerente Técnico

LABORATORIOS DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTOS, ANALISIS CALIDAD DE AGUAS, AIRE, RUIDO Y ANALISIS HIDROBIOLOGICOS
 CARRERA 4 N° 15-44 TEL 8716886 - 8716892 Cel. 317 427 29 22 - 317 667 29 90 NEIVA - HUILA - COLOMBIA
 WEB: www.construcciones.com EMAIL: laboratorio@construcciones.com - calidad@construcciones.com



REPORTE DE ENSAYO DE ABSORCION Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES Y LADRILLOS DE CONCRETO NTC 4076

ORDEN DE SERVICIO No. **3793-17**
 CLIENTE JHON RAMIREZ
 PROYECTO RESISTENCIA DE ELEMENTOS ESPECIALES
 LOCALIZACION MUNICIPIO DE NEIVA DEPARTAMENTO DEL HUILA
 MATERIAL LADRILLOS DE MORTERO

FECHA
 RECEPCION
 ENSAYO
 REPORTE

AA	MM	DD
2017	10	01
2017	10	02
2017	10	03

DATOS DE LABORATORIO											ESPECIFICACIONES NTC			
MUESTRA N°	CODIGO	ANCHO (cm)	LARGO L (cm)	ALTURA H (cm)	PESO S.S.S. (gr)	PESO SECO (gr)	PESO UNITARIO (g/cm3)	ABSORCION %	AREA (cm²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION SECCION NETA O AREA NETA		MAMPOSTERIA NO ESTRUCTURAL (NORMA NTC 4076)		
										Carga KN	Resist Kg/cm2	Resistencia mínima a la compresión a los 28 días (Kg/Cm²)		Absorción de Agua Máxima en %
2		12,0	23,1	7,1	2925,0	2785,0	5,0%		150,5	55,4	Prom 3 Und		Individual	Prom 3 Und
								277,2			60	50	12	
3		12,0	23,0	7,0	2910,0	2770,0	5,1%		172,9	63,9	CUMPLIMIENTO DE ESPECIFICACIÓN			
								276,0						
4		11,8	23,0	7,1	3000,0	2860,0	4,9%		172,89	66,5				
								271,4						
RESULTADOS PROMEDIO:								5,0%		61,9	RESISTENCIA A LA COMPRESION		Promedio de 3 Und	CUMPLE
											ABSORCIÓN DE AGUA		Promedio de 3 Und	CUMPLE

OBSERVACIONES: Los elementos fallados corresponden a Ladrillos de mortero

GEOT. CARLOS ANDRES CUSCUE CUSCUE
DIRECTOR DE LABORATORIO

....FIN DEL REPORTE....

V.Bo. MEB



REPORTE DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO - LADRILLOS Y BLOQUES
LAB - FOR - 25

ORDEN DE SERVICIO No. **023-17**
 CLIENTE HENRY CHAVES / JOHN RAMIREZ
 PROYECTO APROVECHAMIENTOS DE CORTES DE PERFORACION BASE AGUA
 LOCALIZACION MUNICIPIO NEIVA DEPARTAMENTO HUILA
 MATERIAL LADRILLO
 FUENTE
 FECHA DD MM AA ESPECIFICACION
 RECEPCION 15 08 2017 NTC 4026 - 1997
 ENSAYO 16 08 2017 NORMA DE ENSAYO
 REPORTE 17 08 2017 NTC 4024 - 2001



Unidad de mamposteria Maciza								NORMA NTC 4024							
MUESTRA N°	ANCHO B Cm	LARGO L Cm	ALTURA H Cm	PESO S.S.S. gr	PESO SECO gr	ABSORCION %	RESISTENCIA A LA COMPRESION SECCION BRUTA O AREA BRUTA	TIPO	Absorción de Agua Maxima en %						
									Interior		Exterior				
							Carga KN	Resist Kg/cm²	From 5 Un	Unidad	From 5 U	Unidad	From 5 U	Unidad	
5	11,9	22,8	7,0	2995,0	2855,0	4,9%	205,6	77,3	UNIDADES DE MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL						
									PH	50	35	13	16	13,5	14
									PV	180	150	13	16	13,5	14
									M	200	150	13	16	13,5	14
									UNIDADES DE MAMPOSTERIA NO ESTRUCTURAL						
									PH	30	20	17	20	13,5	14
									PV	140	100	17	20	13,5	14
									M	140	100	17	20	13,5	14
PROMEDIO	11,9	22,8	7,0	PROMEDIO		4,9%	PROMEDIO	77,3							
OBSERVACIONES: Muestras Tomadas y Transportadas por el Cliente al laboratorio															
EQUIPO EMPLEADO				CÓDIGO		FECHA DE CALIBRACION Y/O VERIFICACION		PH	Unidad de mamposteria de perforación Horizontal						
Balanza Ohaus Adventuror Pro AV 8101				BAL - 14		15 de diciembre de 2015		PV	Unidad de mamposteria de perforación Vertical						
Horno de secado ELE - Termometro Fluke 52II				TEF-01		17 de noviembre de 2015		M	Unidad de mamposteria Maciza						
Prensa Hidraulica EE Serie 1147,1,15				MOC-01		19 de enero de 2015									
ING. JEFE DE CONSULTORIA								Revisó: Geot M ^a Elizabeth Bonilla V. Subgerente Técnico							



REPORTE DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO - LADRILLOS Y BLOQUES

LAB - FOR - 25

ORDEN DE SERVICIO No. **023-17**

CLIENTE HENRY CHAVES / JOHN RAMIREZ
PROYECTO APROVECHAMIENTOS DE CORTES DE PERFORACION BASE AGUA
LOCALIZACION MUNICIPIO NEIVA DEPARTAMENTO HUILA
MATERIAL LADRILLO
FUENTE
FECHA DD MM AA ESPECIFICACION
RECEPCION 15 08 2017 NTC 4024 -1997
ENSAYO 16 08 2017 NORMA DE ENSAYO
REPORTE 17 08 2017 NTC 4024 -2001

Unidad de mamposteria Maciza							NORMA NTC 4024 2001						
MUESTRA Nº	ANCHO B Cm	LARGO L Cm	ALTURA H Cm	PESO S.S.S. gr	PESO SECO gr	ABSORCION %	RESISTENCIA A LA COMPRESION SECCION BRUTA O AREA BRUTA		Absorción de Agua Maxima en %				
							Carga KN	Resist Kg/cm2	Interior		Exterior		
6	12,0	22,9	7,1	3005,0	2865,0	4,9%	224,7	83,4					
							UNIDADES DE MANPOSTERIA ESTRUCTURAL						
							PH	50	35	13	16	13,5	14
							PV	180	150	13	16	13,5	14
							M	200	150	13	16	13,5	14
							UNIDADES DE MANPOSTERIA NO ESTRUCTURAL						
							PH	30	20	17	20	13,5	14
							PV	140	100	17	20	13,5	14
							M	140	100	17	20	13,5	14
PROMEDIO	12,0	22,9	7,1	PROMEDIO		4,9%	PROMEDIO	83,4					
OBSERVACIONES: Muestras Tomadas y Transportadas por el Cliente al laboratorio													
EQUIPO EMPLEADO				CODIGO	FECHA DE CALIBRACION Y/O VERIFICACION			PH	Unidad de mamposteria de perforación Horizontal				
Balanza Ohaus Adventurar Pro AV 8101				BAL-14	15 de diciembre de 2015			PV	Unidad de mamposteria de perforación Vertical				
Horno de secado B.E. Termostato Fluke 52II				TER-01	17 de noviembre de 2015			M	Unidad de mamposteria Maciza				
Prensa Hidraulica BE Serie 1147,1,15				MOC-01	10 de enero de 2015								
ING. JEFE DE CONSULTORIA							Revisó: Geol M ^a Elizabeth Bonilla V. Subgerente Técnico						



REPORTE DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO - LADRILLOS Y BLOQUES
LAB - FOR - 25

ORDEN DE SERVICIO No. **059-17**

CLIENTE HENRY CHAVES / JOHN RAMIREZ
PROYECTO APROVECHAMIENTOS DE CORTES DE PERFORACION BASE AGUA
LOCALIZACION MUNICIPIO NEIVA DEPARTAMENTO HUILA
MATERIAL LADRILLO
FUENTE
FECHA
RECEPCION
ENSAYO
REPORTE

DD	MM	AA.	ESPECIFICACION
15	08	2017	NTC 4026 - 1997
16	08	2017	NORMA DE ENSAYO
17	08	2017	NTC 4024 - 2001

Unidad de mamposteria Maciza										NORMA NTC 4024 2001							
MUESTRA N°	ANCHO B Cm	LARGO L Cm	ALTURA H Cm	PESO S.S.S. gr	PESO SECO gr	ABSORCION %	AREA Cm²	RESISTENCIA A LA COMPRESION SECCION BRUTA O AREA BRUTA		TIPO	RESISTENCIA MINIMA A LA COMPRESION Kg/Cm²	Absorción de Agua Maxima en %					
								Carga KN	Resist Kg/cm²			Interior		Exterior			
											UNIDADES DE MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL						
											PH	50	35	13	16	13,5	14
											PV	180	150	13	16	13,5	14
											M	200	150	13	16	13,5	14
											UNIDADES DE MAMPOSTERIA NO ESTRUCTURAL						
											PH	30	20	17	20	13,5	14
											PV	140	100	17	20	13,5	14
											M	140	100	17	20	13,5	14
PROMEDIO											12,0	23,0	7,0	PROMEDIO	4,8%	PROMEDIO	98,7
OBSERVACIONES: Muestras Tomadas y Transportadas por el Cliente al laboratorio											OBSERVACIONES DE CUMPLIMIENTO						
											MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL	M	NO				
											MAMPOSTERIA NO ESTRUCTURAL	M	NO				
EQUIPO EMPLEADO				CÓDIGO		FECHA DE CALIBRACION Y/O VERIFICACION		PH	Unidad de mamposteria de perforacion Horizontal								
Balanza Chauv Adventur Pto AV 8101				BAL-14		15 de diciembre de 2015		PV	Unidad de mamposteria de perforacion Vertical								
Horno de secado ELE - Termometro Fluke 52#				TER-01		17 de noviembre de 2015		M	Unidad de mamposteria Maciza								
Prensa Hidraulica EBE Serie 1147,1				MCC-01		19 de enero de 2015											
ING. JEFE DE CONSULTORIA											Revisó: Geot M ^a Elizabeth Borrillo V. Subgerente Técnico						



REPORTE DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO - LADRILLOS Y BLOQUES
LAB - FOR - 25

ORDEN DE SERVICIO No. **023-17**

CLIENTE: HENRY CHAVES / JOHN RAMIREZ
PROYECTO: APROVECHAMIENTOS DE CORTES DE PERFORACION BASE AGUA
LOCALIZACION: MUNICIPIO NEIVA DEPARTAMENTO HUILA

FUENTE	DD	MM	AA	ESPECIFICACION
FECHA	15	08	2017	NTC 4026 - 1997
RECEPCION	16	08	2017	NORMA DE ENSAYO
ENSAYO	17	08	2017	NTC 4024 - 2001
REPORTE				



Unidad de mamposteria Maciza										NORMA NTC 4024 2001							
MUESTRA N°	ANCHO B Cm	LARGO L Cm	ALTURA H Cm	PESO S.S.S. gr	PESO SECO gr	ABSORCION %	AREA Cm²	RESISTENCIA A LA COMPRESION SECCION BRUTA O AREA BRUTA		TIPO	Absorción de Agua Maxima en %						
								Carga KN	Result Kg/cm²		Interior		Exterior				
										Prom 5 Un	Unidad	Prom 5 U	Unidad	Prom 5 U	Unidad		
9	6,9	22,8	11,9	3050,0	2910,0	4,8%	271,3	289,6	108,9		UNIDADES DE MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL						
											PH	50	35	13	16	13,5	14
											PV	180	150	13	16	13,5	14
											M	200	150	13	16	13,5	14
											UNIDADES DE MAMPOSTERIA NO ESTRUCTURAL						
											PH	30	20	17	20	13,5	14
											PV	140	100	17	20	13,5	14
											M	140	100	17	20	13,5	14
PROMEDIO	6,9	22,8	11,9			PROMEDIO	4,8%		PROMEDIO								
OBSERVACIONES: Muestras Tomadas y Transportadas por el Cliente al laboratorio										OBSERVACIONES DE CUMPLIMIENTO							
										MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL		M	NO				
										MAMPOSTERIA NO ESTRUCTURAL		M	NO				
EQUIPO EMPLEADO				CÓDIGO		FECHA DE CALIBRACION Y/O VERIFICACION		PH		Unidad de mamposteria de perforacion Horizontal							
Balanza Ohaus Adventurer Pro AV 8101				BAL-14		15 de diciembre de 2015		PV		Unidad de mamposteria de perforacion Vertical							
Horno de secado ELE - Termometro Fluke 52II				TER-01		17 de noviembre de 2015		M		Unidad de mamposteria Maciza							
Prensa Hidraulica EBE Serie 1147,1,15				MQC-01		19 de enero de 2015											
ING. JEFE DE CONSULTORIA										Revisó: Geot M° Elizabeth Bonilla V. Subgerente Técnico							

LABORATORIOS DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTOS, ANALISIS CALIDAD DE AGUAS, AIRE, RUIDO Y ANALISIS HIDROBIOLÓGICOS

CARRERA 4 N° 15-44 TEL 8716886 - 8716892 Cel. 317 427 29 22 - 317 667 29 90 NEIVA - HUILA - COLOMBIA

WEB: www.construcciones.com EMAIL: laboratorio@construcciones.com - calidad@construcciones.com



REPORTE DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO - LADRILLOS Y BLOQUES

LAB - FOR - 25

ORDEN DE SERVICIO No. **349-17**
 CLIENTE HENRY CHAVES / JOHN RAMIREZ
 PROYECTO APROVECHAMIENTOS DE CORTES DE PERFORACION BASE AGUA
 LOCALIZACION MUNICIPIO NEIVA DEPARTAMENTO HUILA
 MATERIAL LADRILLO
 FUENTE
 FECHA DD MM AA ESPECIFICACION
 RECEPCION 15 08 2017 NTC 4026 -1997
 ENSAYO 16 08 2017 NORMA DE ENSAYO
 REPORTE 17 08 2017 NTC 4024 -2001



Unidad de mamposteria Maciza										NORMA NTC 4205 2000-10-25							
MUESTRA N°	ANCHO B Cm	LARGO L Cm	ALTURA H Cm	PESO S.S.S. gr	PESO SECO gr	ABSORCION %	AREA Cm²	RESISTENCIA A LA COMPRESION SECCION BRUTA O AREA BRUTA		TIPO	RESISTENCIA MINIMA A LA COMPRESION Kg/Cm²	Absorción de Agua Maxima en %					
								Carga KN	Resist Kg/Cm²			Interior		Exterior			
										Prom 5 U	Unidad	Prom 5 U	Unidad	Prom 5 U	Unidad		
10	11,8	22,8	7,0	3175,0	3035,0	4,6%	269,0	305,9	116,0								
										UNIDADES DE MANPOSTERIA ESTRUCTURAL							
										PH	30	35	13	16	13,5	14	
										PV	180	150	13	16	13,5	14	
										M	200	160	13	16	13,5	14	
										UNIDADES DE MANPOSTERIA NO ESTRUCTURAL							
										PH	30	20	17	20	13,5	14	
										PV	140	100	17	20	13,5	14	
										M	140	100	17	20	13,5	14	
PROMEDIO										11,8	22,8	7,0	PROMEDIO	4,6%	PROMEDIO	116,0	
OBSERVACIONES: Muestras Tomadas y Transportadas por el Cliente al laboratorio										OBSERVACIONES DE CUMPLIMIENTO							
										MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL		M	SI				
										MAMPOSTERIA NO ESTRUCTURAL		M	SI				
EQUIPO EMPLEADO				CÓDIGO		FECHA DE CALIBRACION Y/O VERIFICACION		PH		Unidad de mamposteria de perforacion Horizontal							
Balanza Ohaus Adventurer Pro AV 8101				BAL - 14		15 de diciembre de 2015		PV		Unidad de mamposteria de perforacion Vertical							
Horno de secado ELE - Termometro Fluke 52#				TER-01		17 de noviembre de 2015		M		Unidad de mamposteria Maciza							
Prensa Hidraulica ESE Serie 1147,1,15				MCC-01		19 de enero de 2015											

ING. JEFE DE CONSULTORIA

Revis: Geot M^a Elizabeth Bonilla V.
Subgerente Técnico



REPORTE DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO - LADRILLOS Y BLOQUES

LAB - FOR - 25

ORDEN DE SERVICIO No. **80-17**

CLIENTE: HENRY CHAVES / JOHN RAMIREZ
 PROYECTO: APROVECHAMIENTOS DE CORTES DE PERFORACION BASE AGUA
 LOCALIZACION: MUNICIPIO NEIVA DEPARTAMENTO HUILA
 MATERIAL: LADRILLO
 FUENTE:
 FECHA: DD MM AA
 RECEPCION: 15 08 2017 NTC 4026 -1997
 ENSAYO: 16 08 2017 NORMA DE ENSAYO
 REPORTE: 17 08 2017 NTC 4024 -2001



Unidad de mamposteria Maciza							NORMA NTC 4024 2001						
MUESTRA N°	ANCHO B Cm	LARGO L Cm	ALTURA H Cm	PESO S.S.S. gr	PESO SECO gr	ABSORCION %	RESISTENCIA A LA COMPRESION SECCION BRUTA O AREA BRUTA		Absorción de Agua Maxima en %				
							Carga KN	Resist Kg/cm²	Interior		Exterior		
							From 5 U	Unidad	From 5 U	Unidad	From 5 U	Unidad	
11	11,9	23,1	7,0	3177,0	3037,0	4,6 %	324,5	120,4					
							UNIDADES DE MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL						
							PH	50	35	13	16	13,5	14
							PV	180	150	13	16	13,5	14
							M	200	150	13	16	13,5	14
							UNIDADES DE MAMPOSTERIA NO ESTRUCTURAL						
							PH	30	20	17	20	13,5	14
							PV	140	100	17	20	13,5	14
							M	140	100	17	20	13,5	14
PROMEDIO	11,9	23,1	7,0	PROMEDIO		4,6 %	PROMEDIO	120,4					



OBSERVACIONES: Muestras Tomadas y Transportadas por el Cliente al laboratorio

OBSERVACIONES DE CUMPLIMIENTO

MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL	M	SI
MAMPOSTERIA NO ESTRUCTURAL	M	SI

ESQUEMA EMPLEADO	CÓDIGO	FECHA DE CALIBRACION Y/O VERIFICACION	PH	Unidad de mamposteria de perforación horizontal
Balanza Chasis Adventurer Pro AV 8101	BAL - 14	15 de diciembre de 2012	PV	Unidad de mamposteria de perforación vertical
Horno de secado ELE- Termometro Fluke 52#	TER-01	17 de noviembre de 2012	M	Unidad de mamposteria Maciza
Prensa Hidraulica BE Serie 1147.1.15	MCC-01	19 de enero de 2013		

ING. JEFF DE CONSULTORIA

Revisó: Geol. M^o Elizabeth Berrillo V.
Subgerente Técnico



REPORTE DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO - LADRILLOS Y BLOQUES
LAB - FOR - 25

ORDEN DE SERVICIO No. **349-17**

CLIENTE HENRY CHAVES / JOHN RAMIREZ
PROYECTO APROVECHAMIENTOS DE CORTES DE PERFORACION BASE AGUA
LOCALIZACION MUNICIPIO NEIVA DEPARTAMENTO HUILA

MATERIAL LADRILLO
FUENTE
FECHA DD MM AA ESPECIFICACION
RECEPCION 15 08 2017 NTC 4026 -1997
ENSAYO 16 08 2017 NORMA DE ENSAYO
REPORTE 17 08 2017 NTC 4024 -2001



Unidad de mamposteria Maciza										NORMA NTC 4024 2001							
MUESTRA Nº	ANCHO B Cm	LARGO L Cm	ALTURA H Cm	PESO S.S.S. gr	PESO SECO gr	ABSORCION %	AREA cm²	RESISTENCIA A LA COMPRESION SECCION BRUTA O AREA BRUTA		TIPO	RESISTENCIA MINIMA A LA COMPRESION Kg/Cm²	Absorción de Agua Maxima en %					
								Carga KN	Resist Kg/cm²			Interior		Exterior			
										Prom S.U	Unidad	Prom S.U	Unidad	Prom S.U	Unidad		
12	12,0	23,0	7,1	3180,0	3040,0	4,6%	276,0	356,0	131,6								
											UNIDADES DE MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL						
											PH	50	35	13	16	13,5	14
											PV	180	150	13	16	13,5	14
											M	200	150	13	16	13,5	14
											UNIDADES DE MAMPOSTERIA NO ESTRUCTURAL						
											PH	30	20	17	20	13,5	14
											PV	140	100	17	20	13,5	14
											M	140	100	17	20	13,5	14
											OBSERVACIONES DE CUMPLIMIENTO						
											MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL	M	SI				
											MAMPOSTERIA NO ESTRUCTURAL	M	SI				
											OBSERVACIONES: Muestras Tomadas y Transportadas por el Cliente al laboratorio						
EQUIPO EMPLEADO				CÓDIGO		FECHA DE CALIBRACION Y/O VERIFICACION				PH	Unidad de mamposteria de perforacion Horizontal						
Balanza Chaus Adventurer Pro AV 8101				BAL - 14		15 de diciembre de 2015				PV	Unidad de mamposteria de perforacion Vertical						
Horno de secado BE - Termometro Fluke 52II				TER-01		17 de noviembre de 2015				M	Unidad de mamposteria Maciza						
Prensa Hidraulica BE Serie 1147,1,15				ME-01		19 de enero de 2015											
											ING. JEFE DE CONSULTORIA			Reviso: Geol M ^a Elizabeth Bonilla V. Subgerente Técnico			

ANEXO C REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

INGENIERIA - LABORATORIOS - SERVICIOS


REPORTE DE ENSAYO DE ABSORCION Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES Y LADRILLOS DE CONCRETO NTC 4076

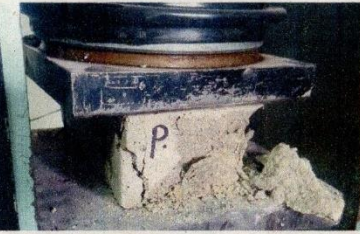
ORDEN DE SERVICIO No. 3793-17


CLIENTE: JHON RAMIREZ
 PROYECTO: RESISTENCIA DE ELEMENTOS ESPECIALES
 LOCALIZACION: MUNICIPIO DE NEIVA DEPARTAMENTO DEL HUILA
 MATERIAL: LADRILLOS DE MORTERO


FECHA	AA	MM	DD
RECEPCION	2017	10	01
ENSAYO	2017	10	02
REPORTE	2017	10	03


REGISTRO FOTOGRAFICO














GEOT. CARLOS ANDRÉS CUSCUE CUSCUE
 DIRECTOR DE LABORATORIO
 ...FIN DEL REPORTE...

[Signature]
 V.Bo. MEB

LABORATORIOS DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTOS, ANALISIS CALIDAD DE AGUAS, AIRE, RUIDO Y ANALISIS HIDROBIOLÓGICOS

REPORTE DE ENSAYO DE ABSORCION Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES Y LADRILLOS DE CONCRETO NTC 4076

ORDEN DE SERVICIO No. 3793-17
 CLIENTE JHON RAMÍREZ
 PROYECTO RESISTENCIA DE ELEMENTOS ESPECIALES
 LOCALIZACION MUNICIPIO DE NEIVA DEPARTAMENTO DEL HUILA
 MATERIAL LADRILLOS DE MORTERO

FECHA	AA	MM	DD
RECEPCION	2017	10	01
ENSAYO	2017	10	02
REPORTE	2017	10	03

REGISTRO FOTOGRAFICO



[Signature]
 GEOT. CARLOS ANDRÉS CUSCUE CUSCUE
 DIRECTOR DE LABORATORIO

V.Bo. MEB

...FIN DEL REPORTE....

**ANEXO D NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4026 – INGENIERÍA CIVIL
Y ARQUITECTURA. UNIDADES (BLOQUES Y LADRILLOS) DE CONCRETO,
PARA MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL**

**NORMA TÉCNICA
COLOMBIANA**

**NTC
4026**

1997-11-26

**INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA. UNIDADES
(BLOQUES Y LADRILLOS) DE CONCRETO, PARA
MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL**



E: CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE. LOADBEARING
CONCRETE MASONRY UNITS.

CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: bloque de concreto; ladrillo; material
de construcción; producto de concreto;
bloque; mampostería.

I.C.S.: 91.100.30

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

Prohibida su reproducción

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 4026 fue ratificada por el Consejo Directivo de 1997-11-26.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 369902 Prefabricados en concreto a cargo de la STN:

Instituto Colombiano de Productores de Cemento



CEMENTOS DIAMANTE BUCARAMANGA
S.A.
CIC
CONCRETOS DIAMANTE S.A.
CONCRETOS MODULARES

EE.PP.M
ICPC
INDURAL
MANUFACTURAS DE CEMENTO TITÁN
PRECONCRETOS

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

CEMENTOS BOYACÁ S.A.
CEMENTOS DEL VALLE S.A.
CEMENTOS PAZ DEL RÍO S.A.

SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

**INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA.
UNIDADES (BLOQUES Y LADRILLOS) DE CONCRETO,
PARA MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL**

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos para unidades de mampostería, perforadas o macizas de concreto (véanse los numerales 4.1.1.1 y 4.1.1.2), elaboradas con cemento Pórtland, agua y agregados minerales con la inclusión o no de otros materiales, aptos para elaborar mampostería estructural. Se establecen tres clases de unidades de mampostería de concreto según su peso: de peso normal, de peso medio y de peso liviano, como aparece en la Tabla 3. Existen dos tipos de unidades de mampostería de concreto, Tipo I, de humedad controlada y tipo II de humedad no controlada. Según la resistencia a la compresión se establecen dos clases de unidades, de resistencia alta y de resistencia baja. Las unidades que cumplan con esta norma también se pueden utilizar para elaborar mampostería no estructural.

1.2 Las unidades de mampostería de concreto a las que se refiere esta norma se pueden elaborar con agregados de peso liviano, de peso normal, o de ambos.

1.3 Los valores se deben regir de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades. Véase la NTC 1000 (ISO 1000).

Nota 1. Los rasgos particulares de apariencia, tales como la textura, el acabado, el color u otras propiedades (como la clasificación por peso, una mayor resistencia a la compresión, la resistencia al fuego, y el desempeño térmico o acústico), los debe especificar el comprador por separado. Se debe consultar a los proveedores locales para averiguar sobre la disponibilidad de unidades con las características deseadas antes de iniciar los diseños que especifiquen dichas unidades.

2. CLASIFICACIÓN

2.1 SEGÚN SU PESO

Se establecen tres clases de unidades de mampostería de concreto según su peso:

2.1.1 De peso liviano, con una densidad de menos de 1 680 kg/m³

2.1.2 De peso mediano, con una densidad entre 1 680 kg/m³ y menos de 2 000 kg/m³

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4026

2.1.3 De peso normal, con una densidad de 2 000 kg/m³ o más.

2.2 SEGÚN EL CONTROL DE HUMEDAD

Se establecen dos tipos de unidades de mampostería de concreto, según el control de humedad:

2.2.1 Tipo I. Unidades con control de humedad: deben cumplir con los requisitos de esta norma.

2.2.2 Tipo II. Unidades sin control de humedad: deben cumplir todos los requisitos de esta norma, excepto los de la Tabla 1.

Tabla 1. Requisitos para el contenido de humedad en las unidades de mampostería Tipo I.

Contracción lineal por secado (Cl _s) ^A , %	Contenido de humedad (H), promedio de 3 unidades, máximo, como un % del valor total de la absorción de agua (A _a)		
	Condiciones de humedad de la obra o del sitio de uso de las unidades ^B		
	Húmeda	Intermedia	Seca
De menos de 0,03	45	40	35
De 0,03 hasta menos de 0,045	40	35	30
De 0,045 hasta 0,065 (como máximo)	35	30	25

^A Según el ensayo descrito en la norma ASTM C 426.

^B Húmeda, con humedad media relativa anual por encima del 75 %; Intermedia, con humedad media relativa anual del 50 % al 75 %; Seca, con humedad media relativa anual menor del 50 %. Si no se dispone de información recopilada en el sitio de la obra, se puede consultar el Calendario Meteorológico publicado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (En éste la gran mayoría de las estaciones registran una condición húmeda con excepción de Cali, Cúcuta, Medellín, Neiva, Puerto Carreño, Riohacha, Santafé de Bogotá, Santa Marta y Valledupar que corresponden a condición intermedia. No registra ninguna estación con condición seca).

2.3 SEGÚN SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Se establecen dos clases de unidades de mampostería de concreto para mampostería estructural, según su resistencia a la compresión:

2.3.1 De resistencia alta (A)

2.3.2 De resistencia baja (B)

3. MATERIALES

3.1 MATERIALES CEMENTANTES

Los materiales cementantes deben cumplir con las normas siguientes que les sean aplicables:

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4026

3.1.1 Cemento Pórtland, la NTC 121 (ASTM C 150) y la NTC 321 (ASTM C 150) y cemento Pórtland blanco, la NTC 1362 (IRAM 1691).

3.1.2 Cementos adicionados, norma ASTM C 595.

3.1.3 Adiciones

3.1.3.1 Cenizas volantes y puzolanas naturales, calcinadas o crudas, utilizadas como adiciones minerales en el concreto de cemento Pórtland, la NTC 3493 (ASTM C 618).

3.1.3.2 Escoria de alto horno granulada y molida para su uso en concreto y morteros, la NTC 4018 (ASTM C 989).

3.2 AGREGADOS

Los agregados deben cumplir con las normas siguientes, excepto con los requisitos de granulometría, donde no se requiera aplicarlos:

3.2.1 Agregados de peso normal, la NTC 174 (ASTM C33).

3.2.2 Agregados livianos, la NTC 4045 (ASTM C 330).

3.3 OTROS CONSTITUYENTES

3.3.1 Agua de mezcla

El agua de mezcla debe cumplir con lo establecido en la NTC 3459 (BS 3148).

3.3.2 Aditivos

Los aditivos deben cumplir con las normas siguientes que les sean aplicables:

3.3.2.1 Aditivos químicos para concreto, la NTC 1299 (ASTM C 494).

3.3.2.2 Aditivos incorporadores de aire para concreto, la NTC 3502 (ASTM C 260).

3.3.3 Pigmentos colorantes

Los colorantes deben cumplir con la NTC 3760 (ASTM C 979).

Nota 2. Con anterioridad al uso de los aditivos que no estén cubiertos por las normas anteriores, tales como los repelentes de agua integrales, el sílice finamente molido y otros constituyentes de la mezcla, se debe determinar, mediante ensayos o por la experiencia, que sean adecuados para su uso en mamposterías de concreto, no causan perjuicio ni a la durabilidad de las unidades ni a ningún otro material utilizado en o complementario a este tipo de construcción.

4. REQUISITOS FÍSICOS

4.1 REQUISITOS DIMENSIONALES

4.1.1 Dimensiones

4.1.1.1 Unidades perforadas

- a) El espesor de pared (ep) y el espesor de tabique (et) de las unidades de mampostería perforadas verticalmente (bloques), deben cumplir los requisitos que aparecen en la Tabla 2.

Tabla 2. Espesor mínimo de las paredes y de los tabiques

Espesor nominal de las unidades (en)	Espesor de pared (ep)	Espesor de tabique (et)	Espesor de tabique equivalente (ete)
mm	Mínimo^A, mm	Mínimo^B, mm	Mínimo, mm/mm^C
80	20	20	0,150
100	20	20	0,150
120	22	20	0,165
150	25	25	0,188
200	30	25	0,188
250	35 (32 ^D)	30	0,225
300	40 (32 ^D)	30	0,225

- ^A Promedio de las mediciones en tres unidades, tomadas en el punto más delgado, de acuerdo con la NTC 4024 (ASTM C 140). Cuando esta norma se utiliza para unidades con paredes de acabado especial, sólo un máximo del 10 % del área de la pared de la unidad puede tener un espesor de pared menor que el que aparece en la Tabla 2, pero nunca debe ser menor de 20 mm. Cuando las perforaciones de las unidades se llenan con mortero de inyección, no se aplica el límite del 10 % pero sí el del espesor de pared mínimo.
- ^B Promedio de las mediciones en tres unidades tomadas en el punto más delgado, de acuerdo con la NTC 4024 (ASTM C 140). El espesor mínimo del tabique para unidades con tabiques que estén separados menos de 25 mm entre tabiques debe ser de 20 mm .
- ^C Suma de los espesores de tabique medidos en todos los tabiques de una unidad, dividido por la longitud nominal de la unidad. El espesor de tabique equivalente no es aplicable a la porción de la unidad que se va a rellenar con mortero de inyección, por lo cual la longitud de esa parte de la unidad se descuenta de la longitud de la misma.
- ^D Este espesor de pared (ep) se aplica donde la carga de diseño admisible se reduce en proporción a la reducción de los espesores de pared a partir de los espesores básicos enumerados, excepto para las unidades totalmente rellenas con mortero de inyección, para las cuales la carga de diseño admisible no se debe reducir.

Nota 3. El espesor de tabique (et) que no cumpla con los requisitos que aparecen en la Tabla 2, se puede aprobar siempre y cuando se haya determinado una capacidad estructural equivalente, de acuerdo con las disposiciones de las normas ASTM E 72, ASTM E 519 y NTC 3495 (ASTM E 447) y demás ensayos que sean aplicables; y se empleen criterios de diseño apropiados, desarrollados de acuerdo con el título D del Código Colombiano de Construcciones Sismorresistentes.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4026

- b) Las salientes en los tabiques exteriores cóncavos, deben tener un espesor igual o mayor que el de la pared respectiva.

Nota 4. Las salientes que tienen chaffanes en los extremos de las paredes, para imitar juntas llenas cuando las unidades se colocan con juntas al tope, pero que corresponden a celdas llenas con mortero de inyección, están exentas del requisito anterior. Esto también aplica a las salientes con formas diferentes, en iguales condiciones constructivas, para los cuales se haya demostrado un comportamiento equivalente.

4.1.1.2 Unidades sólidas. El área neta transversal de las unidades sólidas, en cada sección transversal, no debe ser menor que el 75 % del área bruta transversal, medida en el mismo plano.

4.1.2 Tolerancias

4.1.2.1 Las dimensiones reales de las unidades no deben diferir de las dimensiones normales en más de 2 mm para la longitud, y en no más del 1 % para el espesor y la altura.

4.1.2.2 Las dimensiones reales de los elementos de las unidades con acabados arquitectónicos, tales como ranuras, estrías, proyecciones, escalonamientos, inclinaciones, etc., no deben diferir de las normales en más de 2 mm. Este requisito no es aplicable a la regularidad de las superficies partidas.

Nota 5. Las dimensiones reales son las medidas directamente sobre la unidad. Las dimensiones normales son las designadas por el fabricante en su catálogo o pliego. Las dimensiones nominales son iguales a las dimensiones normales más el espesor de una junta de pega.

4.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

En el momento de despacho al comprador, las unidades de mampostería de concreto deben cumplir los requisitos de resistencia a compresión establecidos en la Tabla 3.

Tabla 3. Requisitos de resistencia a la compresión, absorción de agua y clasificación del peso ^A

Resistencia a la compresión a los 28 d (R_{c28}) ^B , evaluada sobre el área neta promedio (A_{np})			Absorción de agua (A_a) % según el peso (densidad) del concreto secado en horno, kg/m^3		
Mínimo ^B , MPa			Promedio de 3 unidades, máximo, %		
Clase	Promedio de 3 unidades	Individual	Peso liviano, menos de $1\ 680\ kg/m^3$	Peso mediano, de $1\ 680\ kg/m^3$ hasta menos de $2\ 000\ kg/m^3$	Peso normal, $2\ 000\ kg/m^3$ o más
Alta	13	11	15 %	12 %	9 %
Baja	8	7	18 %	15 %	12 %

^A La resistencia a la compresión se ha especificado a los 28 d. Sin embargo, las unidades se pueden utilizar a edades más tempranas, cuando exista un historial sobre la evolución de la resistencia de unidades de iguales características, y éste indique que las primeras alcanzan dicha resistencia. Esto no exime de la verificación directa de la calidad de las unidades.

^B Se pueden especificar resistencias a la compresión mayores cuando lo requiera el diseño, en cuyo caso se debe consultar con los proveedores locales para averiguar por la disponibilidad de este tipo de unidades.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4026

Nota 6. Como comprador se entiende cualquier institución o autoridad pública, sociedad o individuo, que por medio de un contrato, adquiera unidades de mampostería. El momento del despacho al comprador será el de FOB en planta, cuando el comprador o su representante transporta las unidades de mampostería; o el momento de descarga en el sitio de la obra si el fabricante o su representante es quien transporta las unidades de mampostería.

4.3 ABSORCIÓN DE AGUA

En el momento de despacho al comprador, las unidades de mampostería de concreto deben cumplir los requisitos de absorción de agua establecidos en la Tabla 3.

4.4 CONTENIDO DE HUMEDAD

En el momento del despacho al comprador, las unidades de mampostería de concreto Tipo I deben tener un contenido de humedad que cumpla con los requisitos que aparecen en la Tabla 1.

4.5 CONTRACCIÓN LINEAL POR SECADO

En el momento del despacho al comprador, las unidades de mampostería de concreto Tipo II deben tener una contracción lineal por secado que no exceda el 0,065 %.

4.6 ACABADO Y APARIENCIA

4.6.1 Todas las unidades deben estar sanas y no deben tener fisuras ni otros defectos que interfieran con un proceso de colocación de la unidad apropiado, o que perjudiquen significativamente la resistencia o permanencia de la construcción. Las fisuras menores, inherentes al método de fabricación, o las desportilladuras menores que resultan de los métodos usuales de manipulación en el despacho y en la entrega, no son motivo de rechazo.

4.6.2 Cuando las unidades se van a utilizar en construcciones de mampostería expuesta, la pared o paredes de las unidades, que van a estar expuestas, no deben presentar desportilladuras ni grietas, ni se permiten otras imperfecciones visibles cuando se observan desde una distancia igual o mayor de 6 m, con una fuente de luz difusa.

4.6.2.1 El cinco por ciento (5 %) del envío puede tener pequeñas fisuras, o desportilladuras no mayores de 25 mm en cualquier dimensión, o fisura o de no más de 0,5 mm de ancho y una longitud de no más del 25 % de la altura nominal de la unidad.

4.6.3 El color y textura los debe especificar el comprador. El acabado de las paredes de las unidades que van a estar expuestas, debe estar conforme con una muestra aprobada que conste de al menos, cuatro unidades, que representan el intervalo en la textura y color permitido.

4.6.4 Las unidades que se van a utilizar como base para un recubrimiento posterior, deben tener una superficie con una textura lo suficientemente abierta que permita una buena adherencia.

5. MUESTREO Y ENSAYO

5.1 Se le deben facilitar, al comprador o su representante, los medios para que inspeccione y tome la muestra de las unidades en la planta de fabricación, directamente de los lotes que están listos para ser despachados a su obra.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4026

5.2 El muestreo y ensayo de los especímenes de muestra se debe efectuar de acuerdo con la NTC 4024 (ASTM C 140).

5.3 El valor de la contracción lineal por secado para un determinado tipo de unidades elaboradas con los mismos materiales, la misma dosificación del concreto y el mismo proceso de elaboración y de curado, se debe basar en ensayos de unidades de mampostería de concreto, efectuados de acuerdo con la norma ASTM C 426, en un lapso no superior a los 2 años anteriores al despacho

6. RECHAZO

Si el lote no cumple con lo especificado en esta norma, el comprador puede seleccionar una nueva muestra del mismo lote que ha quedado retenido, y las unidades se evalúan con cargo al productor. Si la segunda muestra tampoco cumple con lo especificado en esta norma, se debe rechazar el lote en su totalidad.

7. PALABRAS CLAVES

Unidades de concreto para mampostería; espesor de tabique equivalente; espesor de pared; salientes; peso liviano; peso medio; peso normal; tabiques.

8. APÉNDICE

8.1 NORMAS QUE DEBEN CONSULTARSE

Las siguientes normas contienen disposiciones que, mediante la referencia dentro de este texto, constituyen disposiciones de esta norma. En el momento de la publicación eran válidas las ediciones indicadas. Todas las normas están sujetas a actualización; los participantes, mediante acuerdos basados en esta norma, deben investigar la posibilidad de aplicar la última versión de las normas mencionadas a continuación.

NTC 121: 1982, Ingeniería civil y arquitectura. Cemento Pórtland. Especificaciones físicas y mecánicas. (ASTM C150).

NTC 174: 1994. Ingeniería civil y arquitectura. Especificaciones de los agregados para concreto. (ASTM C 33)

NTC 321: 1977, Ingeniería civil y arquitectura. Cemento Pórtland. Especificaciones químicas. (ASTM C 150).

NTC 1000: 1993, Unidades S.I. y recomendaciones para el empleo de sus múltiplos, así como de otras unidades (ISO 1000).

NTC 1299: 1992, Ingeniería civil y arquitectura. Aditivos químicos para concreto. (ASTM C 494).

NTC 1362: 1977, Ingeniería civil y arquitectura. Cemento Pórtland Blanco. (IRAM 1691).

NTC 3459: 1994, Ingeniería civil y arquitectura. Agua para la elaboración de concreto. (BS 3148).

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4026

NTC 3493: 1993, Ingeniería civil y arquitectura. Cenizas volantes y puzolanas naturales, calcinadas o crudas, utilizadas como aditivos minerales en el concreto de cemento Pórtland. (ASTM C 618).

NTC 3495: 1993, Ingeniería civil y arquitectura. Resistencia a la compresión de prismas de mampostería. (ASTM E 447).

NTC 3502: 1993, Ingeniería civil y arquitectura. Aditivos incorporadores de aire para concreto. (ASTM C 260).

NTC 3760: 1995, Ingeniería civil y arquitectura. Concreto coloreado integralmente. Especificaciones para pigmentos. (ASTM C 979).

NTC 4018: 1995, Ingeniería civil y arquitectura. Escoria de alto horno granulada y molida para uso en concretos y morteros. (ASTM C 989).

NTC 4024: 1994, Ingeniería civil y arquitectura. Muestreo y ensayo de unidades (bloques y ladrillos), de concreto, para mampostería, y de otros prefabricados. (ASTM C 140).

NTC 4045: 1994, Ingeniería civil y arquitectura. Agregados livianos para concreto estructural (ASTM C 330).

ASTM C 331: 1994, Specification for Lightweight Aggregates for Concrete Masonry Units

ASTM C 426: 1996, Test Method for Drying Shrinkage of Concrete Block

ASTM C 595: 1995, Specification for Blended Hydraulic Cements.

ASTM E 72: 1995, Method for Conducting Strength Tests of Panels for Building Construction

ASTM E 519: 1993, Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages

NCCSR Norma Colombiana de Construcciones Sismorresistentes.

8.2 DOCUMENTO DE REFERENCIA

American Society for Testing and Materials. Standard Specification for Load-Bearing Concrete Masonry Units. Philadelphia, 1996. 4p, 1 il (ASTM C 90).

Anexo A. (Informativo)

Resistencia a la penetración del agua

Las paredes exteriores se ve sometidas, con frecuencia a la penetración de humedad proveniente de una o varias fuentes. Por ejemplo, las paredes de los sótanos pueden estar expuestas al agua proveniente del suelo saturado. Las paredes exteriores sobre el nivel del terreno normalmente están expuestas a lluvia impulsada por viento. Para evitar la penetración del agua, se deben estipular: un correcto detallado del diseño, un proceso de construcción correcto, la colocación de vierteaguas (cortagoteras) y de drenajes adecuados. Así mismo, a las paredes se les debe aplicar tratamiento que las proteja de la penetración de agua. Dado que no está dentro del alcance de esta norma el incluir información sobre cómo evitar la penetración de agua, esta información y las recomendaciones respectivas se pueden obtener en documentos publicados por otras organizaciones.

ANEXO E NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4076 – INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA. UNIDADES (BLOQUES Y LADRILLOS) DE CONCRETO, PARA MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL INTERIOR Y CHAPAS DE CONCRETO

**NORMA TÉCNICA
COLOMBIANA**

**NTC
4076**

1997-04-16

**INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA.
UNIDADES (BLOQUES Y LADRILLOS) DE
CONCRETO, PARA MAMPOSTERÍA NO
ESTRUCTURAL INTERIOR Y CHAPAS DE
CONCRETO**



E: CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE. STANDARD SPECIFICATION FOR NONLOADBEARING CONCRETE MASONRY UNITS.

CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: unidades de concreto para mampostería; espesor de pared; humedad controlada; no estructural; encogimiento lineal

I.C.S: 91.100.30

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

Prohibida su reproducción

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 4076 fue ratificada por el Consejo Directivo del 1996-04-16

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico.369902 "Prefabricados en concreto a cargo de la STN: ICPC".

BLOCKACERO
BLOKES LTDA.
CEMENTOS DIAMANTE
CONCRETOS MODULARES
EE.PP.M
ICPC

INDURAL
MANUFACTURAS DE CEMENTO
PRECONCRETO
PRECONCRETOS S. A.
PREFABRICADOS OMEGA
RC. PREFABRICADOS

Además de las anteriores, en consulta pública el proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

AGRECORT
ASOCRETO
BLOQUES Y ADOQUINES
CEMENTOS BOYACÁ
CONCRETO S. A.
CONCRETODO LTDA.
CONCRETOS DIAMANTE
CONCRETOS INDUSTRIALES
COLOMBIANOS

EE.PP.M
FERROVÍAS
POLITÉCNICO COLOMBIANO
POSTES Y PREFABRICADOS DE
OCCIDENTE
PREMOLDA LTDA.
PRETECOR
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y
COMERCIO

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

**INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
UNIDADES (BLOQUES Y LADRILLOS) DE CONCRETO,
PARA MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL INTERIOR Y
CHAPAS DE CONCRETO**

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos para unidades de mampostería, perforadas o macizas (bloques o ladrillos), de concreto, elaboradas con cemento hidráulico, agua, agregados minerales y aditivos, con la inclusión o no de otros materiales, aptas para elaborar mampostería no estructural, interior o exterior y para las chapas de concreto.

1.2 Los valores se regirán de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades NTC 1000 (ISO 1000).

2. CLASIFICACIÓN

2.1 SEGÚN SU PESO

Se establecen tres clases de unidades de mampostería de concreto según su peso:

2.1.1 De peso liviano, con una densidad de menos de 1 680 kg/m³.

2.1.2 De peso medio, con una densidad de 1 680 kg/m³ hasta menos de 2 000 kg/m³.

2.1.3 De peso normal, con una densidad de 2 000 kg/m³ o más.

Nota 1. Las unidades de mampostería de concreto a las que se refiere esta norma se pueden elaborar con agregados de peso liviano, de peso normal, o de ambos.

Los rasgos particulares de apariencia, tales como la textura, el acabado, el color u otras propiedades como la clasificación por peso, una mayor resistencia a la compresión, la resistencia al fuego, y el desempeño térmico o acústico, los debe especificar el comprador por separado. Se debe consultar a los proveedores locales para averiguar sobre la disponibilidad de unidades con las características deseadas antes de iniciar los diseños que especifiquen dichas unidades.

2.2 SEGÚN EL CONTROL DE HUMEDAD

Se establecen dos tipos de unidades de mampostería de concreto, según el control de humedad:

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4076

2.2.1 Tipo I. Unidades con control de humedad

Deben cumplir todos los requisitos de esta norma.

2.2.2 Tipo II. Unidades sin control de humedad

Deben cumplir todos los requisitos de esta norma, excepto los de la Tabla 1.

Tabla 1. Requisitos para el contenido de humedad en las unidades de mampostería Tipo I.

Contracción lineal por secado ^A , %	Contenido de humedad máximo, como un % del valor total de la absorción de agua promedio de 3 unidades		
	Condiciones de humedad en la obra ^B o en el sitio de uso de las unidades ^B		
	Húmeda	Intermedia	Seca
De menos de 0,03	45	40	35
De 0,03 hasta menos de 0,045	40	35	30
De 0,045 hasta 0,065 (como máximo)	35	30	25

^A Según el ensayo descrito en la norma ASTM C 426

^B Húmeda, con humedad media relativa anual por encima del 75 %; intermedia, con humedad media relativa anual del 50 % al 75 %; seca, con humedad media relativa anual menor del 50 %. Si no se dispone de información recopilada en el sitio de la obra, se puede consultar el Calendario Meteorológico publicado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM (En éste la gran mayoría de las estaciones registran una condición húmeda con excepción de Cali, Cúcuta, Medellín, Neiva, Puerto Carreño, Riohacha, Santafé de Bogotá, Santa Marta y Valledupar que corresponden a condición intermedia. No registra ninguna estación con condición seca).

3. MATERIALES**3.1 MATERIALES CEMENTANTES**

Los materiales cementantes deben cumplir con las normas siguientes que les sean aplicables:

3.1.1 Cemento Pórtland, véanse las NTC 121 (ASTM C 150) y NTC 321 (ASTM C 150).

3.1.2 Cemento Pórtland Blanco, véase la NTC 1362 (IRAM 1691)

3.1.3 Cenizas volantes y puzolanas naturales, calcinadas o crudas, utilizadas como adiciones minerales en el concreto de Cemento Pórtland, véase la NTC 3493 (ASTM C 618)

3.2 AGREGADOS

Los agregados deben cumplir con las siguientes normas, excepto en lo que respecta a los requisitos de granulometría, que no son necesariamente aplicables.

3.2.1 Agregados de peso normal, véase la NTC 174 (ASTM C 33).

3.2.2 Agregados livianos, véase la norma ASTM C 331.

3.3 OTROS COMPONENTES

3.3.1 Agua de mezcla

El agua de mezcla debe cumplir con la NTC 3459 (BS 3148).

3.3.2 Aditivos

Los aditivos deben cumplir con las normas siguientes que les sean aplicables:

3.3.2.1 Aditivos químicos para concreto, véase la NTC 1299 (ASTM C 494)

3.3.2.2 Aditivos incorporadores de aire para concreto, véase la NTC 3502 (ASTM C 260).

3.3.3 Colorantes

Los colorantes deben cumplir con la NTC 3760 (ASTM C 979).

Nota 2. Con anterioridad al uso de los aditivos que no estén cubiertos por las normas anteriores, tales como los repelentes de agua integrales, el sílice finamente molido y otros constituyentes de la mezcla, se debe determinar, mediante ensayos o por la experiencia, que sean adecuados para su uso en mamposterías de concreto, y no causen perjuicio ni a la durabilidad de las unidades ni a ningún otro material complementario utilizado en este tipo de construcción.

4. REQUISITOS FÍSICOS

4.1 REQUISITOS DIMENSIONALES

4.1.1 Dimensiones

4.1.1.1 Unidades perforadas. Los espesores de pared y de tabique de las unidades de mampostería perforadas verticalmente (bloques), deben ser de 20 mm.

4.1.1.2 Unidades sólidas. El área neta transversal de las unidades sólidas, en cada sección transversal, no debe ser menor que el 75 % del área bruta transversal, medida en el mismo plano.

4.1.2 Tolerancias

4.1.2.1 Las dimensiones reales de las unidades no deben diferir de las dimensiones normales en más de 2 mm para la longitud, y en no más del 1 % para el espesor y la altura.

4.1.2.2 Las dimensiones reales de los elementos de las unidades con acabados arquitectónicos, tales como ranuras, estrías, proyecciones, escalonamientos e inclinaciones, no deben diferir de las normales en más de 2 mm. Este requisito no es aplicable a la regularidad de las superficies partidas.

Nota 3. Las dimensiones reales son las medidas directamente sobre la unidad. Las dimensiones normales son las designadas por el fabricante en su catálogo o pliego. Las dimensiones nominales son iguales a las dimensiones normales más el espesor de una junta de pega.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4076

4.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

En el momento de despacho al comprador, las unidades de mampostería de concreto deben cumplir los requisitos de resistencia a la compresión y absorción establecidos en la Tabla 2.

Tabla 2. Requisito de resistencia a la compresión

Resistencia a la compresión a los 28 d (R_{c28}) ^A , evaluada sobre el área neta promedio	
Mínimo, MPa	
Promedio de 3 unidades	Individual
6,0	5,0

^A La resistencia a la compresión se ha especificado a los 28 d. Sin embargo, las unidades **o chapas** se pueden utilizar en períodos más tempranos, cuando exista un historial sobre la evolución de la resistencia de unidades o chapas de iguales características, y éste indique que las primeras alcanzan dicha resistencia. Esto no exime de la verificación directa de la calidad a las unidades y chapas.

Nota 4. Como comprador se entiende cualquier institución o autoridad pública, sociedad o individuo, que por medio de un contrato, adquiera unidades de mampostería. El momento del despacho al comprador será el de FOB en planta, cuando el comprador o su representante transporta la unidades de mampostería; o el momento de descarga en el sitio de la obra si el fabricante o su representante es quien transporta las unidades de mampostería.

4.3 ABSORCIÓN DE AGUA

En el momento de despacho al comprador, las unidades de mampostería de concreto y las chapas de concreto deben cumplir los requisitos de absorción de agua establecidos en la Tabla 3.

Tabla 3. Requisitos de absorción de agua y clasificación del peso

Absorción de agua, % según el peso (densidad) del concreto secado en horno, para las chapas kg/m ³			
Promedio de 3 unidades, máximo, %			
	Peso liviano, menos de 1 680 kg/m ³	Peso mediano de 1 680 kg/m ³ hasta menos de 2 000 kg/m ³	Peso normal, 2 000 kg/m ³ o más
Unidades	18 %	15 %	12 %
Chapas	15 %	12 %	9 %

4.4 CONTENIDO DE HUMEDAD

En el momento del despacho al comprador, las unidades de mampostería de concreto Tipo I deben tener un contenido de humedad, que cumpla con los requisitos que aparecen en la Tabla 1.

4.5 CONTRACCIÓN LINEAL POR SECADO

En el momento de despacho al comprador, las unidades de mampostería de concreto Tipo II deben tener una contracción lineal por secado que no exceda el 0,065 %.

4.6 IDENTIFICACIÓN

El productor debe identificar las unidades para mampostería no estructural, mediante una marca una característica física, de manera que se pueda evitar que se confundan con unidades para mampostería estructural y se utilicen como tales.

4.7 ACABADO Y APARIENCIA

4.7.1 Todas las unidades deben estar sanas, no deben presentar fisuras ni otros defectos que interfieran con el proceso apropiado de colocación de la unidad, o que afecten la resistencia o permanencia (estabilidad) de la construcción. La presencia de fisuras, inherentes al proceso de fabricación, o de desportillamientos pequeños, debido a los métodos corrientes de manejo, tanto durante el transporte a la obra como durante su entrega no se deben tomar como argumento de rechazo.

4.7.2 El cinco por ciento (5 %) del envío puede tener pequeñas fisuras o desportilladuras, no mayores de 13 mm en cualquier dimensión, o fisuras de no más de 0,5 mm de ancho y una longitud de no más del 25 % de la altura nominal de la unidad.

4.7.3 Las unidades que se van a utilizar como base para un recubrimiento posterior deben tener una superficie con una textura abierta que permita una buena adherencia.

4.7.4 Cuando las chapas se van a utilizar en exteriores, la superficie conformada con ellas no deben presentar desportilladuras ni grietas, ni se permiten otras imperfecciones visibles cuando se observan desde una distancia igual o mayor de 6 m, con una fuente de luz difusa.

4.7.5 El color y la textura los debe especificar el comprador. El acabado de las paredes de las unidades, que van a estar expuestas, debe estar conforme con una muestra aprobada que conste de, al menos, dos unidades que representan el intervalo en la textura y color permitido.

5. MUESTREO Y ENSAYO

5.1 Al comprador o su representante, se le deben facilitar, los medios para que inspeccione y tome la muestra de las unidades en la planta de fabricación, directamente de los lotes que están listos para ser despachados a la obra. Se debe permitir un tiempo de 10 d por lo menos para que se lleven a cabo todos los ensayos.

5.2 El muestreo y ensayo de los especímenes de la muestra se debe efectuar de acuerdo con la NTC 4024 (ASTM C 140) y con la norma ASTM C 426, cuando sea aplicable.

5.3 El valor de la contracción lineal por secado para un determinado tipo unidades elaboradas con los mismos materiales, la misma dosificación del concreto y el mismo proceso de elaboración y de curado, se debe basar en ensayos de unidades de mampostería de concreto, efectuados de acuerdo con la norma ASTM C 426, en un lapso no superior a los 2 años anteriores al despacho.

6. RECHAZO

Si el lote de unidades no cumple con lo especificado en esta norma, se debe ensayar la muestra testigo. Si la muestra testigo tampoco cumple con lo especificado en esta norma, se rechaza el lote en su totalidad.

7. APÉNDICE

7.1 NORMAS QUE DEBEN CONSULTARSE

Las siguientes normas contienen disposiciones que, mediante la referencia dentro de este texto, constituyen disposiciones de esta norma. En el momento de la publicación eran válidas las ediciones indicadas. Todas las normas están sujetas a actualización; los participantes, mediante acuerdos basados en esta norma, deben investigar la posibilidad de aplicar la última versión de las normas mencionadas a continuación.

NTC 121: 1982, Ingeniería Civil y Arquitectura. Cemento Pórtland. Especificaciones físicas y mecánicas. (ASTM C150).

NTC 174: 1994, Ingeniería Civil y Arquitectura. Especificaciones de los agregados para concreto. (ASTM C33).

NTC 321: 1977, Ingeniería Civil y Arquitectura. Cemento Pórtland. Especificaciones químicas. (ASTM C150).

NTC 1000: 1993, Metrología. Sistema Internacional de Unidades (ISO 1000).

NTC 1299: 1992, Ingeniería Civil y Arquitectura. Aditivos químicos para concreto. (ASTM C494).

NTC 1362: 1977, Ingeniería Civil y Arquitectura. Cemento Pórtland Blanco (IRAM 1691)

NTC 3459: 1994, Ingeniería Civil y Arquitectura. Agua para la elaboración de concreto. (BS 3148).

NTC 3493: 1993, Ingeniería Civil y Arquitectura. Cenizas volantes y puzolanas naturales, calcinadas o crudas, utilizadas como aditivos minerales en el concreto de cemento Pórtland. (ASTM C 618).

NTC 3502: 1993, Ingeniería Civil y Arquitectura. Aditivos incorporadores de aire para concreto. (ASTM C260).

NTC 3760: 1995, Ingeniería Civil y Arquitectura. Concreto coloreado integralmente. Especificaciones para pigmentos. (ASTM C 979)

NTC 4024: 1994, Ingeniería Civil y Arquitectura. Muestreo y ensayo de bloques de concreto, para mampostería. (ASTM C140).

ASTM C 331: 1994, Specification for Lightweight Aggregates for Concrete Masonry Units

ASTM C 426: 1993, Test Method for Drying Shrinkage of Concrete Block

DOCUMENTO DE REFERENCIA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Specification for Non-Load-Bearing Concrete Masonry Units. Philadelphia, 1996, 3p, 1 il (ASTM C 129).

ANEXO F NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4024 – PREFABRICADOS DE CONCRETO. MUESTREO Y ENSAYO DE CONCRETO NO REFORZADOS, VIBROCOMPACTADOS

**NORMA TÉCNICA
COLOMBIANA**

**NTC
4024**

2001-03-21

**PREFABRICADOS DE CONCRETO.
MUESTREO Y ENSAYO DE PREFABRICADOS DE
CONCRETO NO REFORZADOS, VIBROCOMPACTADOS**

E. PREFABRICATED OF CONCRETE. STANDARD TEST METHODS FOR SAMPLING AND TESTING CONCRETE MASONRY UNITS AND RELATED UNITS.

CORRESPONDENCIA: esta norma es equivalente (EQV) a la norma ASTM C140/99, con desviaciones técnicas menores.

DESCRIPTORES: método de ensayo; método de muestreo; elemento prefabricado; elemento de construcción.

I.C.S.: 91.100.30

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 3150377 - Fax 2221435

Prohibida su reproducción

Segunda actualización

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

El **ICONTEC** es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 4024 (Segunda actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo el 2001-03.21

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 369902 Prefabricados de concreto a cargo de la STN:ICPC.

ATECON
BALDOSINES EL JORDAN
BALDOSINES GRANITEX
COBEC
CONCISA
CONCRELAB
CONCRETOS MODULARES

ICPC
INDURAL
MANUFACTURAS DE CEMENTO TITAN
MEPRED
PREMOLDA
PRETECOR

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

ADOQUINES DE COLOMBIA
AGRECON
BALDOSINES DELTA
BALDOSINES TORINO
CIMBRADOS S.A.
COLBLOQUES
COLOR BLOC LTDA
COLPISOS
CONCRETO
CONCRETAL
CONCRETODO
CONSTRUCTORA BOLIVAR
CONSTRUCTORA COLPATRIA

EAAB
ECOMIN LTDA.
EUROTEJA
IDU
INDUSTRIAS ROCA
INGENIERÍA DEL CONCRETO
ITM
MOSAICOS E. GAVIRIA
OPTIMA
POSTEQUIPOS
PRECONCRETO
PRECONCRETOS
RC PREFABRICADOS DE CONCRETO

El **ICONTEC** cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN



**PREFABRICADOS DE CONCRETO.
MUESTREO Y ENSAYO DE PREFABRICADOS DE CONCRETO
NO REFORZADOS, VIBROCOMPACTADOS**

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los procedimientos para el muestreo y el ensayo de prefabricados de concreto, tales como: unidades de perforación vertical o macizas (bloques y ladrillos) para mampostería de concreto y chapas de concreto; gramoquines, losetas de revestimiento para cubiertas planas y otros prefabricados de concreto no reforzado, elaborados con mezclas "secas", vibrocompactados, con el fin de evaluar su resistencia a la compresión, absorción, densidad, contenido de humedad y dimensiones. Están excluidos los prefabricados que tengan normas específicas, como los tubos y los adoquines.

Nota 1. El laboratorio de ensayo debe cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 1093.

1.2 Los valores se deben registrar de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades. Véase la NTC 1000 (ISO 1000).

1.3 Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si existen, asociados con su uso, aunque no se tiene noción de que exista alguno. Es responsabilidad del usuario, establecer las prácticas correctas, de seguridad y salud ocupacional.

2. NORMAS QUE DEBEN CONSULTARSE

Las siguientes normas contienen disposiciones que, mediante la referencia dentro de este texto, constituyen la integridad del mismo. En el momento de la publicación eran válidas las ediciones indicadas. Todas las normas están sujetas a actualización; los participantes, mediante acuerdos basados en esta norma, deben investigar la posibilidad de aplicar la última versión de las normas mencionadas.

NTC 396:1992, Ingeniería Civil y Arquitectura. Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto. (ASTM C 143).

NTC 1000:1993, Metrología. Sistema Internacional de Unidades (ISO 1000).

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4024 (Segunda actualización)

NTC 4026:1997, Ingeniería Civil y Arquitectura. Unidades (bloques y ladrillos) de concreto, para mampostería estructural (ASTM C90).

NTC 4076:1997, Ingeniería Civil y Arquitectura. Unidades (bloques y ladrillos) de concreto, para mampostería no estructural y chapas de concreto. (ASTM C 129).

NTC 4383:1999, Ingeniería Civil y Arquitectura. Mampostería de concreto. Términos y definiciones.

NTC 4525:1998, Terminología de ensayos mecánicos (ASTM E 6)

ASTM C 1093:1995, Standard Practice for Accreditation of Testing Agencies for Unit Masonry

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

3.1 Los términos y definiciones relacionados con esta norma se deben regir de acuerdo con la NTC 4383 y la NTC 4525 (ASTM E6).

4. MUESTREO

4.1 SELECCIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO

4.1.1 El comprador, o su representante autorizado, deben tomar unidades enteras de cada lote como especímenes de ensayo, representativos del lote correspondiente. Los especímenes seleccionados deben tener tamaños y formas similares. Si para el ensayo de contenido de humedad se toman los especímenes en la obra, la muestra se debe tomar en el momento de la entrega al comprador y se debe colocar en un recipiente sellado, hasta que se pueda registrar su masa (Mm), tal y como se determina en el numeral 4.3.2.

4.1.2 El término 'lote' se refiere a un número de unidades de mampostería de concreto, de cualquier forma y tamaño, elaboradas por el productor usando los mismos materiales, dosificación, proceso de fabricación y método de curado.

4.2 NÚMERO DE ESPECÍMENES

4.2.1 Para determinar la resistencia a la compresión, la absorción, la densidad y el contenido de humedad, se toman seis especímenes de cada lote de 10 000 unidades o fracción de lote; y 12 especímenes de cada lote de más de 10 000 unidades y hasta 100 000 unidades. Para los lotes mayores de 100 000 unidades se toman seis especímenes por cada 50 000 unidades o fracción de éstas, contenidas en el lote. Se pueden tomar especímenes adicionales, según el criterio del comprador.

4.2.2 Algunas NTC poseen criterios de muestreo diferentes a los que aparecen en el numeral 4.2.1 de esta norma, por lo cual el número de especímenes a ensayar se debe ajustar al requisito de la norma particular (por lo general cinco especímenes en vez de tres). Adicionalmente, dichas normas pueden requerir de la toma de una muestra testigo y referirse a la NTC 4024 (ASTM C140) sólo para lo relativo a los métodos de ensayo.

4.3 IDENTIFICACIÓN

4.3.1 Los especímenes se deben rotular de manera que se puedan identificar en cualquier momento. Los rótulos no deben cubrir más del 5 % del área de la superficie del espécimen.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4024 (Segunda actualización)

4.3.2 Los especímenes para el ensayo de contenido de humedad, se deben pesar inmediatamente después del muestreo y el rotulado y registrar como Mm (masa de la muestra).

5. MEDICIÓN DE LAS DIMENSIONES

5.1 APARATO

5.1.1 Las dimensiones globales de las unidades se deben medir con una escuadra de acero o un calibrador, con divisiones no mayores a 1,0 mm. Los espesores de las paredes y de los tabiques se deben medir con un calibrador con divisiones no mayores a 0,1 mm, con mordazas paralelas que tengan una longitud mínima de 12 mm.

5.2 ESPECÍMENES

Para la longitud, el espesor y la altura se miden tres unidades completas. En las unidades con perforaciones verticales también se debe medir el espesor mínimo de las paredes y el de los tabiques.

Nota 2. Estos mismos especímenes se pueden utilizar para otros ensayos.

5.3 MEDICIONES

5.3.1 La longitud real (l_r) se mide sobre la línea central longitudinal de cada pared; el espesor real (e_r) se mide a través de las superficies de soporte (caras) superior e inferior a media longitud, y la altura real (h_r), en ambas paredes a media longitud.

5.3.2 En cada unidad se debe medir el espesor de pared (e_p) y el espesor de tabique (e_t) en el punto más delgado de cada elemento, a 12 mm hacia abajo de la cara superior de la unidad, tal y como se fabrica (por lo general la cara inferior de la unidad tal y como se coloca en el muro) y estas dimensiones se deben ajustar a una cantidad entera de las divisiones menores del calibrador. Cuando los espesores menores de las paredes opuestas difieren en menos de 3 mm, se debe calcular el promedio y éste debe ser el espesor de pared mínimo para esa unidad. Se debe calcular el promedio de los espesores de todos los tabiques de la unidad y éste debe ser el espesor de tabique mínimo para esa unidad. Al calcular el espesor de tabique mínimo se deben excluir los tabiques que tengan un espesor de menos de 19 mm. Al tomar las medidas se debe hacer caso omiso de grietas diagonales, juntas falsas y detalles similares.

6. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

6.1 MÁQUINA DE ENSAYO

La máquina de ensayo debe tener una precisión de $\pm 1,0\%$ del rango de carga anticipado. El bloque superior de transferencia de carga, de metal endurecido, debe estar apoyado sobre una esfera y debe estar firmemente unido a la cabeza superior de la máquina. El centro de la esfera debe coincidir con el centro de la superficie que se apoya sobre su asiento esférico, pero debe tener libertad de girar en cualquier dirección, y su perímetro debe tener una holgura de, al menos, 6,3 mm contra la cabeza de la máquina con el fin de poder acomodar especímenes cuyas superficies de apoyo no sean paralelas. El diámetro del bloque superior (determinado según el numeral A.3) debe ser de, al menos, 150 mm. Se puede utilizar una platina (lámina delgada) de acero, debajo del espécimen, para minimizar el desgaste del bloque inferior de la máquina.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4024 (Segunda actualización)

6.1.1 Cuando el área de soporte de los bloques superior e inferior no son suficientes para abarcar el área del espécimen, se debe colocar una placa de acero suplementaria, entre los bloques de la máquina de ensayo y el espécimen refrentado, con un espesor de, al menos, la mitad de la distancia del borde del bloque correspondiente a la esquina más distante del espécimen. La longitud y el ancho de la placa de acero debe ser, al menos, 6 mm mayor que la longitud y el espesor de las unidades.

6.1.2 Las superficies de las platinas y placas, que vayan a estar en contacto con el espécimen, deben tener una dureza de no menos de HRC 60 (BHN 620), y no deben desviarse del plano en más de 0,03 mm en 150 mm.

Nota 3. El Anexo A incluye las guías para determinar el espesor requerido para las placas de acuerdo con la configuración del espécimen de ensayo y la máquina de ensayo.

6.2 ESPECÍMENES DE ENSAYO

6.2.1 Se deben someter a ensayo tres de los 6 especímenes de la muestra. Después de haber sido despachados al laboratorio, se deben almacenar (sin apilarlos y separados entre sí no menos de 13 mm por todos sus lados), sin alteraciones, al aire, a una temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$, y a una humedad relativa de menos del 80 %, por un período de 48 h. Sin embargo, cuando se requieran resultados de compresión más pronto, los especímenes se deben almacenar, sin apilarlos, en el mismo ambiente descrito anteriormente, con una corriente de aire, proveniente de un ventilador eléctrico, que pase sobre ellas por un período de no menos de 4 h. Se debe continuar con este procedimiento hasta que dos pesajes sucesivos, a intervalos de 2 h, muestren que la masa del espécimen no disminuye en más del 0,2 % de la masa anterior del espécimen, y hasta que no se vea ninguna humedad o encharcamiento sobre cualquiera de las superficies del espécimen. Los especímenes no se deben secar al horno. Los especímenes deben ser unidades enteras, excepto como lo indican los numerales 6.2.2 a 6.2.5.

Nota 4. En este método de ensayo, el área neta (a diferencia de la de ciertas unidades macizas, véase el numeral 9.4) se determina a partir de otros especímenes diferentes a los del ensayo a compresión. El ensayo de resistencia a la compresión se basa en la suposición de que las unidades utilizadas para determinar el volumen neto (especímenes para determinar la absorción) tienen el mismo volumen neto que las unidades usadas para el ensayo a compresión. Cuando se toman muestras de unidades partidas, que poseen superficies irregulares, se divide la muestra desde el momento cuando se toma del lote, de manera que los especímenes para el ensayo de absorción tengan un volumen neto que sea representativo visualmente, y un peso que sea representativo del de los especímenes del ensayo de compresión.

6.2.2 Las proyecciones que tengan una longitud mayor que su espesor, se deben cortar con una sierra. En las unidades con tabiques rebajados, se corta, con una sierra, la pared que se proyecta hacia arriba de los tabiques, para obtener una superficie de soporte completa sobre la sección transversal neta de la unidad. Si la altura del espécimen se reduce en más de 1/3 de la altura original, se ensaya sólo un trozo de éste, de acuerdo con el numeral 6.2.4.

6.2.3 Cuando los especímenes completos, para el ensayo de compresión, son demasiado grandes para los bloques y las placas de soporte de la máquina de ensayo, o se encuentran fuera de la capacidad de carga de la máquina, se cortan las unidades con una sierra, hasta un tamaño apropiado para la capacidad de la máquina. El espécimen resultante no debe tener proyecciones ni tabiques rebajados, y debe estar conformado por una unidad cerrada de cuatro lados con una o varias perforaciones interiores. La resistencia a la compresión del segmento se debe considerar como la resistencia a la compresión del espécimen completo.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4024 (Segunda actualización)

6.2.4 Cuando los especímenes para el ensayo de compresión tienen tamaño y forma poco usuales (véase la Nota 5), los especímenes se recortan para quitarles todo tipo de salientes y proyecciones. El espécimen resultante debe estar conformado por una o varias unidades cerradas de cuatro lados, con una superficie de soporte del 100 %. Si esto no da como resultado una unidad cerrada de cuatro lados, el espécimen debe ser un trozo cortado de una pared de la unidad. El trozo debe tener una proporción de altura a espesor de 2 a 1, antes de practicar el refrentado, y una proporción de longitud a espesor de 4 a 1. El espesor del trozo debe ser tan grande como sea posible, con base en la configuración de la unidad y las capacidades de la máquina de ensayo, y no debe ser menor de 30 mm. El trozo se debe cortar de la unidad de modo que su altura quede en la misma dirección que la altura de la unidad. La resistencia a la compresión del trozo se considera como la resistencia a la compresión del área neta de la unidad completa.

Nota 5. Algunos ejemplos de unidades con tamaños o formas poco usuales incluyen, unidades dintel, bloques de extremo abierto y bloques para columnas, pero no están limitados a sólo estos tipos de unidades.

6.2.5 Para los ensayos de resistencia a la compresión de losetas de revestimiento para cubiertas planas, se cortan tres especímenes de tres unidades completas. Cada espécimen debe constar de una franja de loseta con un ancho igual a la altura del espécimen. Si la loseta tiene nervaduras de soporte, los especímenes se deben obtener cortando la loseta perpendicularmente a sus nervaduras para evitar la inclusión de superficies biseladas o rebajadas en los bordes superior o inferior (véase la Figura 1).

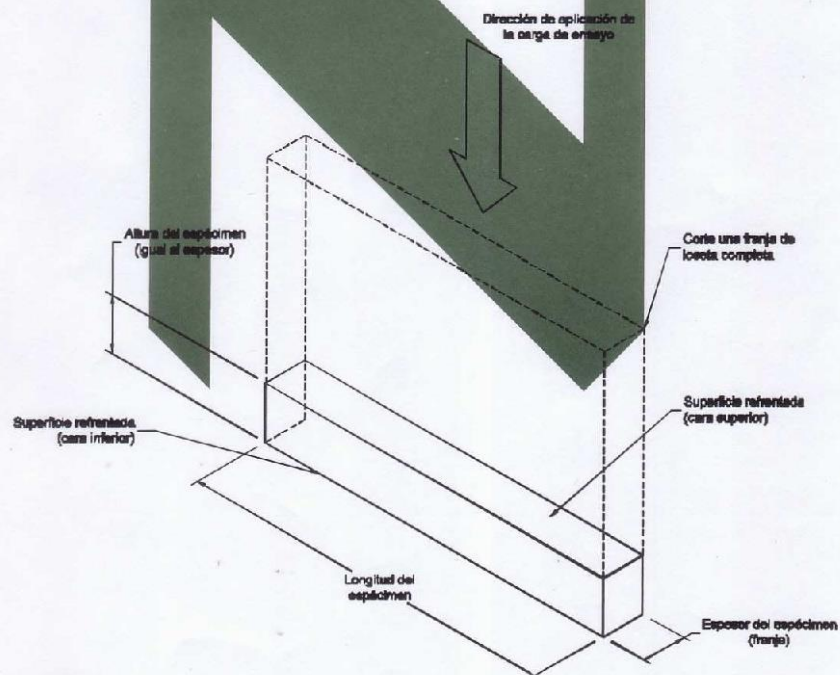


Figura 1. Disposición para el ensayo de resistencia a la compresión de losetas de revestimiento para cubiertas planas

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4024 (Segunda actualización)

6.2.6 Para los ensayos a compresión de unidades de concreto, no reforzadas, vibrocomprimidas, para muros de contención segmentados, los especímenes ensayados deben ser sólidos al menos en un 75 %, y deben tener una relación altura a espesor de no menos de 1 a 1 y de no más de 2 a 1. Si es necesario cortar con una sierra la unidad para obtener el espécimen requerido, se debe hacer de acuerdo con los numerales 6.2.3 y 6.2.7.

6.2.7 El corte se debe hacer de una manera exacta y adecuada, sometiendo el espécimen a la menor vibración posible. Para este fin se debe utilizar un disco metálico, de la dureza apropiada, con inclusiones de diamante. Si el espécimen se humedece durante el corte, se debe secar hasta alcanzar el equilibrio con las condiciones del aire del laboratorio, antes de ensayarlo siguiendo los procedimientos delineados en el numeral 6.2.1.

6.2.8 Si los especímenes para el ensayo a compresión se han cortado de unidades completas, de acuerdo con lo determinado en el numeral 6.2.2 a 6.2.5, y el área neta a compresión de los especímenes de ensayo no se puede determinar de acuerdo con el numeral 9.4.1, se deben cortar tres unidades adicionales con las dimensiones y configuración de los tres especímenes de ensayo a compresión. El área neta promedia de los tres especímenes de ensayo a compresión aserrados, se debe tomar como el área neta promedia de las tres unidades adicionales aserradas, calculada de acuerdo con el numeral 9.4. No se deben utilizar los volúmenes netos calculados para los especímenes aserrados para calcular el espesor equivalente.

6.3 REFRENTADO DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO

6.3.1 Las superficies de soporte se deben refrentar por uno de los métodos presentados en los numerales 6.3.2 o 6.3.3.

6.3.2 Azufre y materiales granulares

Se debe utilizar una mezcla comercial o se elabora, en el laboratorio, una mezcla de 40 % a 60 % de azufre y el resto de arcilla cocida, molida, u otro material inerte adecuado, que pase por el tamiz de 150 μm (No. 100), con o sin la adición de un plastificante. La mezcla se debe esparcir uniformemente sobre una superficie no absorbente, impregnada ligeramente con aceite no contaminado (véase la Nota 6), o recubierta con una capa de TFE-fluorocarbón. Se debe calentar la mezcla de azufre en un recipiente controlado termostáticamente, a una temperatura suficiente para mantener la fluidez de la mezcla durante un período razonable después del contacto de ésta con la superficie por refrentar. Es necesario evitar el sobrecalentamiento de la mezcla y revolver el líquido en el recipiente antes de usarlo. La superficie para el refrentado debe ser plana, con una tolerancia de 0,08 mm en 400 mm debe ser lo suficientemente rígida y estar apoyada de tal manera que no se flexione, de forma medible, durante la operación de recubrimientos. Se deben colocar cuatro barras de acero, de sección cuadrada de 25 mm de lado, sobre la superficie para el refrentado, de manera que se forme un molde rectangular, aproximadamente 10 mm más grande que el espécimen, en cualquiera de sus dimensiones internas. El molde se debe llenar con la mezcla de azufre en estado fluido, hasta una profundidad de 7 mm. La superficie del espécimen que se va a refrentar, se debe poner en contacto con el líquido rápidamente y se debe introducir en él, sosteniendo el espécimen de tal manera que su eje vertical quede en ángulo recto con la superficie del líquido de refrentado. Se debe dejar el espécimen en reposo hasta que la solidificación sea completa. Los refrentados se dejan enfriar durante 2 h como mínimo, antes del ensayo de los especímenes. No se debe permitir resanar los refrentados; los refrentados imperfectos se deben retirar y reemplazar por nuevos.

Nota 6. Se puede omitir el uso de aceites sobre las placas de refrentado, si la placa y el espécimen se pueden separar fácilmente sin dañar dichos refrentados.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4024 (Segunda actualización)

6.3.3 Refrentado con cemento de yeso

Se debe esparcir una pasta pura de agua y yeso de estucar de alta resistencia, uniformemente sobre una superficie no absorbente, untada ligeramente con aceite (véase la Nota 6), o recubierta con una capa de TFE-fluorocarbón (véase la Nota 7). 2 h después de adicionarle el agua al yeso, para alcanzar la consistencia necesaria para el refrentado, el cemento de yeso, debe tener una resistencia mínima a la compresión, de 24 MPa, al ensayarlo en cubos de 50 mm. La superficie de la placa para el vaciado del cemento de yeso debe cumplir con los requisitos descritos en el numeral 6.3.2. La superficie del espécimen que se va a refrentar, se debe poner en contacto con la pasta, presionando firmemente el espécimen con un solo movimiento, sosteniéndolo de manera que su eje vertical quede en ángulo recto con la superficie de refrentado. El espesor promedio del refrentado debe ser de, máximo, 3 mm. No se permite resanar los refrentados; los refrentados imperfectos se deben retirar y reemplazar por nuevos. Los refrentados se deben dejar madurar 2 h, como mínimo, antes de ensayar los especímenes.

Nota 7. Se considera que los siguientes cementos de yeso pertenecen a esta clasificación: "Hidrostone" e "Hidrocal White". No se utilizan otros yesos, a menos que, mediante ensayos, se compruebe que cumplen los requisitos de resistencia.

6.4 PROCEDIMIENTO

6.4.1 Posición de los especímenes

Los especímenes se deben ensayar con los centroides de sus superficies de soporte, alineados verticalmente con el centro de aplicación de carga del bloque, con soporte esférico, de la máquina de ensayo (véase la Nota 8). Excepto para unidades especiales que se vayan a utilizar con sus perforaciones en dirección horizontal, todas las unidades de concreto para mampostería se deben ensayar con sus celdas en posición vertical. Las unidades de mampostería que son 100 % sólidas y las unidades perforadas especiales para uso con sus celdas en dirección horizontal, se deben ensayar en la misma posición que se vayan a tener durante el servicio (posición normal).

Nota 8. Para las unidades de mampostería que son simétricas con respecto a un eje, se puede determinar la localización de dicho eje geoméricamente, dividiendo la dimensión perpendicular a ese eje (pero en el mismo plano) por dos. Para las unidades de mampostería que no son simétricas con respecto a un eje, se puede determinar la localización de dicho eje balanceando la unidad sobre un cuchillo o una varilla metálica paralela a dicho eje. Si se usa una varilla metálica, es recta y cilíndrica (capaz de rodar libremente sobre una superficie plana); tener un diámetro de no menos de 6,5 mm y de no más de 19 mm; y su longitud ser la suficiente para que sobresalga por los extremos de la unidad cuando ésta se le coloque encima. La barra metálica se coloca sobre una superficie suave, plana y nivelada. Una vez determinado el eje del centroide, se marca, en el extremo de la unidad, utilizando un lápiz o un marcador, con una marca que no tenga más de 1,3 mm de ancho. Con frecuencia se usa, como varilla para balanceo, la varilla compactadora utilizada para compactar el concreto y el mortero de inyección, que cumpla con lo especificado en la NTC 396 (ASTM C 143).

6.4.2 Humedad del espécimen

En el momento del ensayo, los especímenes deben estar libres de humedad visible.

6.4.3 Velocidad del ensayo

La carga se debe aplicar hasta la mitad de la carga máxima esperada, a una velocidad adecuada; posteriormente se deben ajustar los controles de la máquina para proporcionar una

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4024 (Segunda actualización)

velocidad uniforme de desplazamiento de la cabeza móvil de la máquina de ensayo, de manera que el resto de la carga se aplique en un lapso entre 1 min y 2 min.

6.4.4 Carga máxima

Se registra la carga máxima de compresión, en Newtons, como Carga máxima ($C_{m\acute{a}x}$).

7. CARGA DE FLEXIÓN DE LOSETAS DE REVESTIMIENTO PARA CUBIERTAS PLANAS

7.1 Se deben ensayar tres unidades completas.

7.2 REFRENTADO

A las unidades cuya superficie superior de desgaste está rebajada o tiene irregularidades, se les debe emparejar dicha superficie, a ras con la porción más saliente, por medio de un refrentado con azufre y materiales granulares o con cemento de yeso, de acuerdo con el numeral 6.3.

7.3 ENSAYO

El montaje del ensayo se debe efectuar como se ilustra en la Figura 2. La carga del bloque de apoyo superior de la máquina de ensayo se debe aplicar a través del centroide de la loseta de concreto para revestimiento de cubiertas planas, por medio del montaje de la ilustración. La longitud para calcular la flexión de la loseta se considera como la dimensión total, de extremo a extremo, de la misma, en planta.

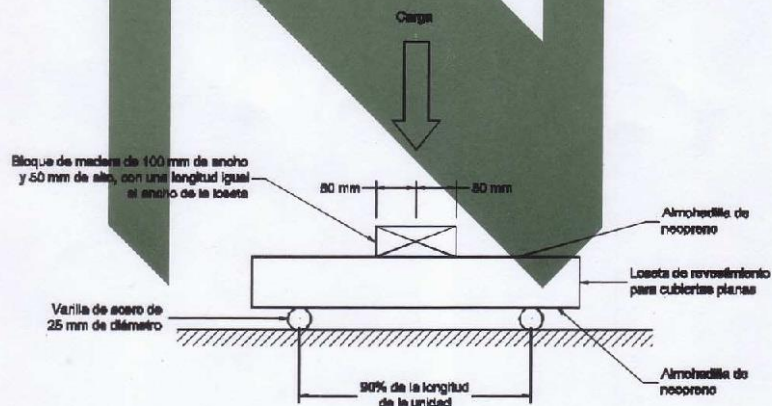


Figura 2. Disposición para el ensayo de resistencia a la flexión de losetas de revestimiento para cubiertas planas

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4024 (Segunda actualización)

8. ABSORCIÓN**8.1 APARATO**

Una balanza con una sensibilidad del 0,5 % del peso del espécimen más pequeño ensayado.

8.2 ESPECÍMENES DE ENSAYO

Se deben utilizar tres unidades completas, que se hayan rotulado, pesado y registrado de acuerdo con lo especificado en el numeral 4.3.2. Los ensayos se deben llevar a cabo sobre unidades completas cuando se desean obtener resultados sobre el contenido de humedad, de acuerdo con el numeral 9.2, y el espesor equivalente, de acuerdo con el numeral 9.7.

8.2.1 Los ensayos se deben llevar a cabo sobre unidades enteras o sobre especímenes aserrados de unidades enteras. Los resultados obtenidos para la absorción y la densidad, provenientes de especímenes aserrados, se deben considerar como representativos de los de la unidad completa. En el informe se deben incluir las razones por las cuales se utilizó el ensayo de absorción sobre especímenes aserrados, cuando se lleve a cabo.

8.3 PROCEDIMIENTO**8.3.1 Saturación**

Se deben sumergir los especímenes de ensayo en agua, a una temperatura entre 15 °C y 27 °C, durante 24 h. Los especímenes se deben pesar sumergidos en agua, suspendidos mediante un alambre y se registra la masa del espécimen inmersa en agua y suspendida (Ma). Se retiran del agua y se dejan escurrir durante 1 min, colocándolos sobre una malla metálica con abertura de mínimo 9,5 mm; se seca el agua superficial con un paño seco y se pesan inmediatamente. Se registra la masa saturada (mh).

8.3.2 Secado

Después del proceso de saturación, se deben secar los especímenes en un horno ventilado, a una temperatura entre 100 °C y 115 °C durante mínimo 24 h, hasta que en dos pesajes sucesivos, a intervalos de 2 h, el espécimen no presente pérdidas en su masa mayores del 0,2 % con respecto al peso anterior. Se debe registrar la masa del espécimen secado al horno como Ms.

9. CÁLCULOS**9.1 ABSORCIÓN**

La absorción del espécimen se debe calcular de la siguiente manera:

$$\text{Absorción } (Aa), g / mm^3 = \frac{(Mh - Ms)}{(Mh - Ma)} \times 1000$$

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4024 (Segunda actualización)

$$\text{Absorción } (Aa), \text{ kg / m}^3 = \left[\frac{(Mh - Ms)}{(Mh - Ma)} \right] \times 1000 \quad (1)$$

$$\text{Absorción } (Aa\%), \% = \left[\frac{(Mh - Ms)}{Ms} \right] \times 100$$

Donde:

- Mh = Masa saturada del espécimen, en kg o en g (véase el numeral 8.3.1).
- Ma = Masa del espécimen inmerso en agua y suspendida, en kg o en g (véase el numeral 8.3.1).
- Ms = Masa seca del espécimen, en kg o en g (véase el numeral 8.3.2).

9.2 CONTENIDO DE HUMEDAD

El contenido de humedad del espécimen se debe calcular de la siguiente manera:

$$\text{Contenido de humedad } (H), \text{ como \% de la absorción total, en \%} = \left[\frac{(Mm - Ms)}{(Mh - Ms)} \right] \times 100 \quad (2)$$

Donde:

- Mm = masa del espécimen, tal como se tomó en el muestreo, en kg (véase el numeral 4.3.2).
- Ms = masa seca del espécimen, en kg (véase el numeral 8.3.2).
- Mh = masa saturada del espécimen, en kg (véase el numeral 8.3.1).

9.3 DENSIDAD

La densidad del espécimen seco se debe calcular de la siguiente manera:

$$\text{Densidad } (D), \text{ kg / m}^3 = \left[\frac{Ms}{(Mh - Ma)} \right] \times 1000 \quad (3)$$

Donde:

- Ms = masa seca del espécimen, en kg (véase el numeral 8.3.2).
- Mh = masa saturada del espécimen, en kg (véase el numeral 8.3.1).
- Ma = masa del espécimen inmersa en agua y suspendida, en kg (véase el numeral 8.3.1).

9.4 ÁREA NETA PROMEDIO

El área neta promedio se debe calcular de la siguiente manera:

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4024 (Segunda actualización)

$$\text{Absorción } (Aa), \text{ kg / m}^3 = \left[\frac{(Mh - Ms)}{(Mh - Ma)} \right] \times 1000 \quad (1)$$

$$\text{Absorción } (Aa\%), \% = \left[\frac{(Mh - Ms)}{Ms} \right] \times 100$$

Donde:

- Mh = Masa saturada del espécimen, en kg o en g (véase el numeral 8.3.1).
 Ma = Masa del espécimen inmerso en agua y suspendida, en kg o en g (véase el numeral 8.3.1).
 Ms = Masa seca del espécimen, en kg o en g (véase el numeral 8.3.2).

9.2 CONTENIDO DE HUMEDAD

El contenido de humedad del espécimen se debe calcular de la siguiente manera:

$$\text{Contenido de humedad } (H), \text{ como \% de la absorción total, en \%} = \left[\frac{(Mm - Ms)}{(Mh - Ms)} \right] \times 100 \quad (2)$$

Donde:

- Mm = masa del espécimen, tal como se tomó en el muestreo, en kg (véase el numeral 4.3.2).
 Ms = masa seca del espécimen, en kg (véase el numeral 8.3.2).
 Mh = masa saturada del espécimen, en kg (véase el numeral 8.3.1).

9.3 DENSIDAD

La densidad del espécimen seco se debe calcular de la siguiente manera:

$$\text{Densidad } (D), \text{ kg / m}^3 = \left[\frac{Ms}{(Mh - Ma)} \right] \times 1000 \quad (3)$$

Donde:

- Ms = masa seca del espécimen, en kg (véase el numeral 8.3.2).
 Mh = masa saturada del espécimen, en kg (véase el numeral 8.3.1).
 Ma = masa del espécimen inmersa en agua y suspendida, en kg (véase el numeral 8.3.1).

9.4 ÁREA NETA PROMEDIO

El área neta promedio se debe calcular de la siguiente manera:

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4024 (Segunda actualización)

$$\text{Volumen neto } (V_n), \text{mm}^3 = \left[\frac{M_s}{D} \right] = (M_h - M_a) \times 10^4 \quad (4)$$

$$\text{Área neta promedio } (A_{np}), \text{mm}^2 = \frac{V_n}{ar}$$

Donde:

- V_n = volumen neto del espécimen, en mm^3 .
 M_s = masa seca del espécimen en kg o en g (véase el numeral 8.3.2).
 D = densidad del espécimen seco al horno en kg/m^3 o en g/mm^3 , (véase numeral 9.3).
 M_h = masa saturada del espécimen, en kg o en g (véase el numeral 8.3.1).
 A_{np} = área neta promedio del espécimen, en mm^2 .
 M_a = masa del espécimen inmersa en agua y suspendida, en kg o en g (véase el numeral 8.3.1).
 ar = altura real promedio del espécimen, en mm (véase el numeral 5.3.2).

9.4.1 Se debe calcular el área neta de un trozo y de los especímenes cuya sección transversal neta, de cada plano paralelo a la cara de soporte, es la sección transversal bruta medida en el mismo plano, excepto para especímenes de forma irregular, tales como los que tienen superficies partidas, de la siguiente manera:

$$\text{Área neta de un trozo o espécimen } (A_{nt}), \text{mm}^2 = (l_{rt} \times e_{rt}) \quad (5)$$

Donde:

- A_{nt} = área neta del trozo, en mm^2 .
 l_{rt} = longitud promedio real del trozo, en mm (véase el numeral 5.3.1).
 e_{rt} = espesor promedio real del trozo, en mm (véase el numeral 5.3.1).

9.5 ÁREA BRUTA

El área bruta de un espécimen se debe calcular de la siguiente manera:

$$\text{Área bruta } (A_b), \text{mm}^2 = (l_r \times e_r) \quad (6)$$

Donde:

- A_b = área bruta del espécimen, en mm^2 .
 l_r = longitud promedio real del espécimen, en mm (véase el numeral 5.3.2).
 e_r = espesor promedio real de espécimen, en mm (véase el numeral 5.3.2).

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4024 (Segunda actualización)

El área de la sección transversal bruta de un espécimen es el área de una sección perpendicular a la dirección de aplicación de la carga, incluyendo las áreas dentro de las perforaciones y los espacios entre las salientes, a menos que esos espacios vayan a ser ocupados por porciones de unidades adyacentes.

9.6 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

9.6.1 Resistencia a la compresión del área neta

La resistencia a la compresión de área neta se debe calcular de la siguiente manera:

$$\text{Resistencia a la compresión sobre el área neta } (R_c), \text{ N/mm}^2, \text{ MPa} = \frac{C_{max}}{A_{np}} \quad (7)$$

Donde:

- C_{max} = carga máxima a la compresión, en N (véase el numeral 6.4.3).
 A_{np} = área neta promedio del espécimen (unidad o trozo), en mm^2 (véase el numeral 9.4).

9.6.2 Resistencia a la compresión del área bruta

La resistencia a la compresión del área bruta se debe calcular de la siguiente manera.

$$\text{Resistencia a la compresión sobre el área bruta } (R_c), \text{ N/mm}^2, \text{ MPa} = \frac{C_{max}}{A_b} \quad (8)$$

Donde:

- C_{max} = carga máxima a la compresión, en N (véase el numeral 6.4.3).
 A_b = área bruta del espécimen (Unidad o trozo), en mm^2 (véase el numeral 9.5).

9.6.3 Resistencia a la compresión sobre el área neta corregida para unidades de concreto para muros de contención segmentados

Se debe multiplicar la resistencia a la compresión sobre el área neta calculada para cada espécimen, por el factor de corrección con base en la relación altura real / espesor real que se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Factores de corrección para la resistencia a la compresión de unidades de concreto para muros de contención segmentados, con base en la relación altura real / espesor real.

ar/er^a	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
F.C.	0,85	0,88	0,9	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1

^a ar/er = Relación entre la altura real y el espesor real mínimo F.C. = Factor de corrección

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4024 (Segunda actualización)

9.7 ESPESOR DE TABIQUE EQUIVALENTE

El espesor de tabique equivalente (ete) de cada unidad, en mm por mm de longitud de la unidad, es igual a la suma de los espesores medidos en todos los tabiques del espécimen, cuyo espesor individual sea de, al menos, 20 mm, dividida por la longitud nominal de la unidad.

Nota 9. El espesor de tabique equivalente no se aplica a la porción de la unidad que se va a llenar con mortero de inyección. Para los cálculos, la longitud de esa porción se deduce de la longitud nominal total de la unidad.

9.8 ESPESOR EQUIVALENTE

El espesor equivalente (eq) para unidades de mampostería de concreto, se define como el espesor promedio del material sólido, y está dado por la fórmula:

$$\text{Espesor equivalente (eq), mm} = \frac{Vn}{l_r \times ar} \quad (9)$$

Donde:

- eq = espesor equivalente, en mm.
- Vn = volumen neto promedio de la unidad, en mm^3 (véase el numeral 9.4).
- l_r = longitud real promedio de la unidad, en mm (véase el numeral 5.3.2).
- ar = altura real promedio de la unidad, en mm (véase el numeral 5.3.2).

9.9 MASA DE LASTRE

La masa de lastre de las losetas de revestimiento para cubiertas planas se debe calcular de la siguiente manera:

$$\text{Masa de lastre (Ml), kg/m}^2 = \frac{Ms}{Ab} \times 10^6 \quad (10)$$

Donde:

- Ml = masa de lastre, kg/m^2
- Ms = masa seca de la unidad, en kg (véase el numeral 8.3.2).
- Ab = área bruta de la unidad, en mm^2 (véase el numeral 9.5).

10. INFORME

10.1 UN INFORME COMPLETO DEBE INCLUIR LO SIGUIENTE:

10.1.1 La resistencia a la compresión (R_c) calculada sobre el área neta (a_n), con una aproximación a 0,1 MPa individualmente para cada espécimen y como el promedio de los tres especímenes, tal como se determina en el numeral 9.6.1.

10.1.1.1 Para cada espécimen de las unidades de concreto para muros de contención segmentados se debe incluir la resistencia a la compresión (R_c), evaluada sobre el área neta (a_n), con una aproximación de 0,1 MPa, la relación altura real / espesor real, y la resistencia a la compresión sobre el área neta corregida, como se determina en el numeral 9.6. Además, se debe entregar el promedio de la resistencia a la compresión sobre el área neta corregida para los tres especímenes.

10.1.2 Los resultados de la absorción (A_a) con una aproximación de 1 kg/m^3 , y los de la densidad (D) con una aproximación del 0,1 %, de manera individual para cada espécimen y como el promedio de los tres especímenes, tal y como se determina en los numerales 9.1 y 9.3. Si los ensayos de absorción se realizan sobre especímenes que no sean unidades enteras, se debe informar la razón por la cual se ensayaron especímenes de tamaño reducido y el tamaño y configuración de los especímenes ensayados.

10.1.3 Las dimensiones reales promedio (longitud (l_r), altura (a_r) y espesor (e_r)) de cada espécimen, con una aproximación de 1,0 mm, tal y como se determina en el numeral 5.3.2.

10.1.4 El espesor de pared (e_p) mínimo, como el promedio del espesor mínimo registrado para cada uno de los tres especímenes, con una aproximación de 0,1 mm, tal como se determina en el numeral 5.3.2.

10.1.5 El espesor de tabique mínimo (e_t), como el promedio de los tres especímenes, con una aproximación de 1,0 mm, tal como se determina en el numeral 5.3.2.

10.1.6 El espesor de tabique equivalente (e_{te}), como el promedio de los tres especímenes, con una aproximación de 1,0 mm, tal como se determina en el numeral 9.7.

10.1.7 El espesor equivalente (e_q), como el promedio de los tres especímenes, con una aproximación de 1,0 mm, tal como se determina en el numeral 9.8, cuando se solicite.

10.1.8 El contenido de humedad, como el promedio de tres especímenes, con una aproximación de 0,1 %, tal como se determina en el numeral 9.2, cuando se solicite.

10.1.9 La carga requerida para fallas a flexión para las losetas de revestimiento para cubiertas planas, individualmente y el promedio de los tres especímenes, con una aproximación de 5 N.

10.1.10 La masa de lastre (M_l) de las losetas de revestimiento para cubiertas planas, con una aproximación de 1 kg/m^2 .

11. PALABRAS CLAVES

11.1 Absorción; resistencia a la compresión; unidades de mampostería de concreto; densidad; espesor equivalente; espesor de tabique equivalente; pared; contenido de humedad; losetas de revestimiento para cubiertas planas; espesor de tabique; tabiques.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4024 (Segunda actualización)

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units. Philadelphia, 1999, 11p, 5 il (ASTM C 140).

