



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO DE ADOQUÍN DE
HORMIGÓN CON RESIDUOS ORGÁNICOS DEL MAÍZ.**

AUTOR:

JONATHAN BOLÍVAR VARAS RAMÍREZ

TUTOR

MSC. JAVIER NICOLÁS ARECHE GARCÍA

GUAYAQUIL

2021



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: “ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO DE ADOQUÍN DE HORMIGÓN CON RESIDUOS ORGÁNICOS DEL MAÍZ.”.	
AUTOR/ES: Jonathan Bolívar Varas Ramírez	REVISORES: Msc. Javier Nicolás Areche García
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	FACULTAD: Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción
CARRERA: Ingeniería Civil	
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2021	N. DE PÁGS.: 100
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción.	
PALABRAS CLAVE: Materiales de construcción, Hormigón, Control de calidad, Desecho, Fibra.	
RESUMEN: Los adoquines de hormigón son piezas para la construcción de pavimentos, colocadas en vías vehiculares urbanas, áreas residenciales y para	

tránsito peatonal, en aceras, jardines, entre otros. Son unidades elaboradas con cemento, arena, agua y otros materiales naturales. Uno de estos materiales es la fibra de la hoja de la mazorca de maíz. Luego de la incorporación de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz, al adoquín de hormigón, resulta ser un producto de calidad y ecológico. El objetivo general de este artículo, es analizar el comportamiento mecánico del adoquín de hormigón con residuos orgánicos del maíz. Esta investigación es de tipo experimental, con enfoque cuantitativo. Se fabricaron 48 adoquines distribuidos uniformemente con resistencias $f'c=250\text{kg/cm}^2$ y $f'c=300\text{kg/cm}^2$. Bajo las especificaciones de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 3040-2016 sobre Adoquines de hormigón y Norma INEN 1485 Adoquines. Determinación de la Resistencia a la compresión. Luego de la incorporación de las virutas de la hoja de la mazorca de maíz se determinó que a medida que disminuye la cantidad de estos residuos, las muestras presentaron buena apariencia visual, en relación a su forma y dimensión, la adherencia entre los materiales también aumentó. Como resultado del comportamiento mecánico del adoquín arrojó los siguientes valores: 24,54 Mpa y 250,25kg/cm², con un índice de absorción de 6,08 % y peso de 1,3 kg, es decir, el adoquín tiene un valor de rotura y resistencia a la compresión, dentro de las especificaciones técnicas de las normas ecuatorianas, siendo unas piezas de calidad, más livianas y ecológicas.

N. DE REGISTRO (en base de datos):		N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			
ADJUNTO URL (tesis en la web):			
ADJUNTO PDF:	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO
CONTACTO CON AUTORES/ES: Jonathan Bolívar Varas Ramírez.	Teléfono: 0979557623	E-mail: jvarasr@ulvr.edu.ec jonathanvaras_31@hotmail.com	

CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Ing. Alex Salvatierra Espinoza, MSC. DECANO Teléfono: (04)259 6500 EXT. 241 DECANATO E-mail: asalvatierrae@ulvr.edu.ec Msc. Alexis Valle Benítez, DIRECTOR DE CARRERA Teléfono: 2596500 EXT. 213 E-mail: avalleb@ulvr.edu.ec
------------------------------------	--

CERTIFICADO DE SIMILITUDES.

**TESIS JONATHAN VARAS /
JAVIER ARECHE**

por Jonathan Varas Ramirez



Fecha de entrega: 05-sep-2021 06:03p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1641962761

Nombre del archivo: TESIS_ADOQUIN._REVISION_DEL_2021_1_1.docx (7.89M)

Total de palabras: 20451

Total de caracteres: 110012

TESIS JONATHAN VARAS / JAVIER ARECHE

INFORME DE ORIGINALIDAD



0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

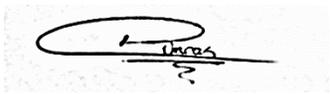
Excluir coincidencias < 2%

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES.

El estudiante egresado Jonathan Bolívar Varas Ramírez., declaro bajo juramento, que la autoría del presente trabajo de investigación, corresponde totalmente al suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo mis derechos patrimoniales y de titularidad a la UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL, según lo establece la normativa vigente.

Este proyecto se ha ejecutado con el propósito de estudiar: “Elaboración de un prototipo de adoquín de hormigón con residuos orgánicos del maíz”.

Firma:  _____

JONATHAN BOLÍVAR VARAS RAMÍREZ.

C.I. 0930986641

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Yo, Msc. Javier Nicolás Areche García, En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación “Elaboración de un prototipo de adoquín de hormigón con residuos orgánicos del maíz”, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad LAICA VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación Titulado: “Elaboración de un prototipo de adoquín de hormigón con residuos orgánicos del maíz”, presentado por el estudiante JONATHAN BOLÍVAR VARAS RAMÍREZ como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación



Firma: _____

MSC. JAVIER NICOLÁS ARECHE GARCÍA

C.I. 0962174165

DEDICATORIA

Todo este esfuerzo es dedicado a mi abuela, quien siempre estuvo pendiente en todo este proceso aportando con su granito de arena, mis padres que a pesar de las situaciones que pasamos se las ingeniaron para ayudarme, a mi hermano por estar siempre presente en todo momento.

Gracias a todos ellos por ser esas piezas claves y fundamentales en cada año de estudio, gracias por sus consejos, por sus enseñanzas, por ayudarme a no caer, por ser ese apoyo moral, por ser ese motivo para luchar.

Gracias por ser esa fuente de motivación y superación.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, doy las gracias a DIOS por darme las fuerzas y el conocimiento para luchar día a día durante este camino duro y arduo superando algunos obstáculos que no fueron impedimento para llegar hasta aquí.

Agradezco de todo corazón a mi familia en especial a mi esposa quien fue ese pilar fundamental durante todos estos años para no doblegarme y rendirme, mis hijos quienes fueron ese impulso y motor de este recorrido para no dejar de persistir hasta el final.

A mi madre quien siempre estuvo presente desde el primer día con sus oraciones y buenos deseos, por darme la mano cuando más la necesitaba, por ayudarme a superar momentos difíciles.

También agradezco a cada uno de los docentes de quienes aprendí y adquirí todos sus conocimientos impartidos con profesionalismo durante este camino de varios años.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CARÁTULA.....	1
REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA.....	ii
CERTIFICADO DE SIMILITUDES.....	v
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES..	vii
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR	viii
DEDICATORIA	ix
AGRADECIMIENTO	x
ÍNDICE GENERAL.....	xi
ÍNDICE TABLA.....	xv
ÍNDICE ILUSTRACIONES.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Tema.....	3
1.2. Planteamiento del Problema.....	3
1.3. Formulación del Problema.	4
1.4. Sistematización del Problema.	4
1.5. Objetivos de la Investigación.....	4
1.5.1. Objetivo General.	4
1.5.2. Objetivos Específicos.....	4
1.6. Justificación de la Investigación.	4
1.7. Delimitación del Problema.....	5
1.8. Hipótesis de la Investigación.	5
1.9. Identificación de las Variables.	5

1.9.1. Variable Independiente.	5
1.9.2. Variable Dependiente.....	5
1.10. Línea de Investigación.	6
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.	7
2.1. Marco Referencial.....	7
2.2. Marco Conceptual.	10
2.2.1. Origen del Maíz.....	10
2.2.2. Variedades del maíz.	12
2.2.3. Usos del maíz.	13
2.2.4. Morfología de la Planta de Maíz.....	14
2.2.5. Cultivo del Maíz.....	16
2.2.6. Residuos Orgánicos del Maíz.	24
2.2.7. Hoja del Maíz como Residuo Orgánico.....	25
2.2.8. Características Físicas de la Hoja del Maíz.....	25
2.2.9. Características Químicas de la Hoja del Maíz.	25
2.2.10. Origen del Adoquín.....	26
2.2.11. Usos de del Adoquín.	27
2.2.12. Tipos de Adoquines.....	27
2.2.13. Ventajas y beneficios.	30
2.2.14. Características del Adoquín.	32
2.2.15. Propiedades Físicas y Mecánicas de un Adoquín de hormigón.....	33
2.2.16. Métodos de fabricación del adoquín de hormigón.....	34
2.2.17. Proceso de fabricación de un adoquín de hormigón.	36
2.2.18. Ensayos de calidad.	37
2.3. Conceptos Generales.....	40

2.4. Marco Legal.	43
2.4.1. Constitución de la República del Ecuador, 2008 aprobada por la Asamblea Constituyente.	43
2.4.2. Normas Nacionales.	44
2.4.3. Normas Internacionales.....	47
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	49
3.1. Metodología.	49
3.2. Tipo de Investigación.....	49
3.3. Enfoque de la investigación.	50
3.4. Técnicas e instrumento.....	50
3.4.1. Técnica	50
3.4.2. Instrumento.	51
3.5. Población.....	51
3.6. Muestra.....	52
3.7. Recolección de Datos.....	53
3.7.1. Esquema de extracción de la viruta.....	53
3.7.2. Proceso de producción de los prototipos.....	53
3.7.3. Fabricación de los prototipos de adoquines.	54
3.7.4. Preparación de la mezcla.....	55
3.7.5. Moldeado, Prensado, Compactado y Almacenamiento.	56
3.7.6. Dosificación de los prototipos.....	58
3.7.7. Proceso de Ensayos de Calidad.....	59
CAPITULO IV INFORME FINAL	60
4.1. Origen de Informe.....	60
4.2. Detalles del Informe.....	60

4.3. Resultados Obtenidos.....	60
4.4. Características físicas de la hoja del maíz.....	61
4.5. Elaboración de los prototipos.....	62
4.5.1. Prototipo 1.....	62
4.5.2. Prototipo 2.....	63
4.5.3. Prototipo 3.....	64
4.5.4. Prototipo 4.....	65
4.6. Resultados de ensayos de calidad de los prototipos.....	66
4.6.1. Ensayo de absorción de agua.	66
4.6.2. Ensayo de resistencia a la compresión y rotura.	68
4.7. Análisis comparativo de los Resultados.....	69
4.7.1. Resultados de los prototipos.	70
4.7.2. Ensayos de calidad.	71
4.7.3. Adoquín tradicional Vs ecológico.....	73
CONCLUSIONES.	74
RECOMENDACIONES.....	76
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	77
5. ANEXOS.	82
Anexo 1: Informe ensayo de Índice de Absorción de agua.	82
Anexo 2: Informe ensayo de Resistencia de Compresión y Rotura.....	83

ÍNDICE TABLA

	Pág.
Tabla 1: Línea de Investigación.	6
Tabla 2: Características Químicas de la Hoja del Maíz.	26
Tabla 3: <i>Características de un adoquín.</i>	33
Tabla 4: Propiedades Físicas y Mecánicas de un Adoquín de hormigón.....	34
Tabla 5: Proceso de extracción de la viruta.	54
Tabla 6: Dosificación de los Prototipos Resistencia 250kg/cm2.	58
Tabla 7: Dosificación de los Prototipos Resistencia 300kg/cm2.	59
Tabla 8: Características Físicas de viruta.....	61
Tabla 9: Dosificación prototipo 1.	62
Tabla 10: Dosificación prototipo 2.	63
Tabla 11: Dosificación prototipo 3.	64
Tabla 12: Dosificación prototipo 4.	65
Tabla 13: Resultados del ensayo de absorción de agua.	66
Tabla 14. Ensayo de resistencia del prototipo 4.....	68
Tabla 15: Resultados Obtenidos.....	69
Tabla 16: Ficha Técnica.	73

ÍNDICE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1: <i>Adoquín de Caucho</i>	7
Ilustración 2: <i>Adoquín con Agregados Reciclados</i>	8
Ilustración 3: Adoquines preparados con diferentes fibras.....	8
Ilustración 4: Probetas de concretos reforzados con fibras de maíz.....	9
Ilustración 5: Papel elaborado con hoja e Maíz.....	10
Ilustración 6: Mazorca de Maíz.....	11
Ilustración 7: Maíz Dulce.....	12
Ilustración 8: Maíz de corteza dura.....	12
Ilustración 9: Maíz dentado.....	13
Ilustración 10: Maíz reventador.....	13
Ilustración 11: El maíz como uso alimenticio.....	14
Ilustración 12: Partes de la Mazorca del Maíz.....	16
Ilustración 13: Gusano blanco.....	19
Ilustración 14: Escarabajo de las hojas.....	19
Ilustración 15: Oruga cortadora.....	20
Ilustración 16: Pulgones.....	20
Ilustración 17: Barrenador del grano de maíz.....	21
Ilustración 18: Roya Común.....	21
Ilustración 19: Carbón de Espiga.....	22
Ilustración 20: Podredumbre Bacteriana.....	22
Ilustración 21: Enanismo del maíz.....	23
Ilustración 22: Calles Antiguas adoquinadas.....	27
Ilustración 23: Tipo de adoquines según la forma y tamaño.....	28
Ilustración 24: Tipos de adoquín según el tipo de material.....	29
Ilustración 25: Tipos de adoquín según la instalación y aplicación.....	30
Ilustración 26: Ventajas y beneficios de utilizar un adoquín.....	32
Ilustración 27: Máquina de adoquines Manual.....	34
Ilustración 28: Máquina de adoquines semi-manual.....	35

Ilustración 29: Máquina de adoquines automática.....	35
Ilustración 30: Ensayo de Resistencia a la compresión y rotura.....	37
Ilustración 31: Muestras con deformaciones.....	38
Ilustración 32: Ensayo de resistencia al desgaste por abrasión.....	38
Ilustración 33: Ensayo de Resistencia al deslizamiento y resbalamiento.....	39
Ilustración 34: Ensayo de Absorción de agua.....	39
Ilustración 35: Ensayo de Impacto.....	40
Ilustración 36: Esquema de extracción de la viruta.....	53
Ilustración 37:Esquema de Fabricación de los prototipos de adoquines.....	55
Ilustración 38: Mezcla de materiales.....	56
Ilustración 39: Moldeado.....	56
Ilustración 40: Compactado.....	57
Ilustración 41: Prensado.....	57
Ilustración 42: Almacenado.....	58
Ilustración 43: Adoquín Ecológico.....	61
Ilustración 44: Viruta de la Hoja del Maíz.....	61
Ilustración 45: Prototipo 1.....	63
Ilustración 46: Prototipo 2.....	64
Ilustración 47: Prototipo 3.....	64
Ilustración 48: Prototipo 4.....	65
Ilustración 49: Ensayos de calidad.....	66
Ilustración 50:proceso del ensayo de absorción de agua.....	67
Ilustración 51: Ensayo de absorción.....	67
Ilustración 52: Ensayo de Resistencia a la Compresión y rotura.....	68
Ilustración 53: Cantidad de Fibra en los Prototipos.....	70
Ilustración 54: Peso de los Prototipos.....	71
Ilustración 55: Índice de absorción de los Prototipos.....	72
Ilustración 56: Resistencia a la Compresión y Rotura prototipo 4.....	72

INTRODUCCIÓN

La mazorca de maíz forma parte de la alimentación básica a nivel mundial además de ser el cereal más producido y consumido en países desarrollados se lo utiliza como biocombustibles con la finalidad de disminuir las sales orgánicas de plomo. A saber, el 40% de la producción mundial es en América, siendo en Estados Unidos el país que posee gran variedad de especies, mientras que en Europa ocupa una posición muy elevada de producción. Ecuador produce más de 1,2 millones de toneladas de maíz y Guayaquil los subproductos se los utiliza como alimentos para animales. (Agroptima, 2020)

La presente investigación tiene como tema central analizar el comportamiento de resistencia del material de construcción aprovechando las particularidades que tiene la viruta de la hoja de la mazorca de maíz al ser combinada con mortero, para la elaboración de un adoquín de hormigón y a posterior ser utilizadas para el tránsito vehicular y a su vez al tránsito peatonal. Este proyecto enfoca su importancia en aprovechar la fibra para conseguir un producto resistente, promoviendo su economía y haciendo un cambio en su matriz productiva.

Se realiza una investigación sobre el uso del adoquín de hormigón para determinar el tiempo de resistencia del producto y como puede ser aprovechado mediante un proyecto sostenible. Con el presente proyecto de titulación se busca determinar las características de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz como materia prima al ser combinado con el cemento hidráulico para demostrar la viabilidad técnica.

Los adoquines de hormigón es un material de construcción que son colocadas para tránsito vehicular en vías urbanas, mercados, áreas residenciales y para tránsito peatonal en aceras, jardines plazas públicas entre otros; estos son elaborados a base de cemento hidráulico y otro tipo de materiales que contaminan el medio ambiente. El adoquín con adición de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz es un producto que ofrece diferentes ventajas por ser un reciclado.

El maíz es una planta que procede originalmente de México, en la actualidad se cultiva en todo el mundo, siendo el cereal más sembrado en volumen de producción, el cultivo del maíz genera una biomasa residual que oscila entre 19 a 36 toneladas por hectárea la

cual es usada para alimentación del ganado según su región o se quema para la preparación de la tierra para un nuevo cultivo.

Finalmente, el adoquín con adición de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz es un producto que ofrece diferentes ventajas por ser un material reciclado, que tienen como objetivo ser usado libremente en plazas, mercado, vías peatonales y vehiculares entre otros, Con el fin de tener espacios libres de emisiones contaminantes, haciendo de estas áreas zonas confortables.

En el Capítulo I se trata temas referentes a la problemática, los objetivos y la justificación necesaria del proyecto de investigación; además de la identificación de las variables siguiendo las líneas de investigación planteadas. Durante el Capítulo II se describen los temas de investigación ya desarrollados los cuales se toman como referencias además de los conceptos referentes al maíz y al adoquín mencionando las especificaciones y normas técnicas a seguir.

En el capítulo III, se detalla cómo está dirigida la investigación mediante el marco metodológico, tipo de investigación, enfoque, técnicas de investigación, la población y muestra. En el capítulo IV, se demuestra en la propuesta los objetivos de la investigación, el proceso de elaboración, ensayos y pruebas de calidad que se le realizan a los prototipos de adoquines de hormigón.

CAPITULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Tema.

Elaboración de un prototipo de adoquín de hormigón con residuos orgánicos del maíz.

1.2. Planteamiento del Problema.

Según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos en el 2019 la producción de Maíz a nivel mundial fue de 1 120.4 millones de toneladas; cabe destacar, que el rendimiento y la calidad del cultivo dependerá del tratamiento que se le dé durante la producción; sin embargo, las sequías, inundaciones y las altas temperaturas hacen que durante la poscosecha aumente la demanda de los residuos orgánicos, los cuales los agricultores tienden a incinerarlos causando la contaminación el medio ambiente. (DAEU, 2019)

sí mismo, varias compañías han considerado que estos residuos causan contaminación tanto al suelo como al agua y no son aprovechados en nuevas industrias. Sin embargo, existen empresas a nivel mundial que utilizan las hojas de maíz para elaborar biocombustibles, forrajes o nuevos productos; es por ello, que esta materia prima debe pasar por varios procesos y tratamientos químicos antes de ser reutilizadas.

En Latinoamérica específicamente en México, el cultivo de maíz es la actividad económica más creciente; es por ello, que este residuo agrícola es el principal contaminante del medio ambiente. Sin embargo, la Ingeniera López, realiza un estudio donde se cultivan los residuos del maíz para cultivar microalgas, con el objetivo de tratar las aguas residuales logrando así evitar el efecto invernadero y mitigar el calentamiento global. (López, 2019)

En la actualidad en el Ecuador, se generan grandes desperdicios de las hojas de la mazorca de maíz, debido al gran crecimiento de la producción y cosecha agrícola se genera grandes desechos que no son reutilizados y son causantes de la contaminación del medio ambiente.

Los residuos orgánicos del maíz poseen gran cantidad de fibras naturales, las cuales crean una opción ecológica al momento de elaborar un material de construcción sostenible, con la final de que pueda ser utilizado en los espacios de circulación en una

ciudad; hoy en día los procesos constructivos exigen técnicas y sistemas constructivos que no estimulen un impacto ambiental desfavorable.

1.3. Formulación del Problema.

¿De qué manera se puede aprovechar los residuos orgánicos provenientes del maíz que coadyuven a la construcción sustentable?

1.4. Sistematización del Problema.

¿Cuáles son las características físicas de la hoja del maíz?

¿Cuál es la dosificación adecuada de la viruta de la hoja de maíz para elaborar un adoquín de hormigón?

¿Cuál es el comportamiento mecánico del adoquín de hormigón con adición de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz?

1.5. Objetivos de la Investigación.

1.5.1. Objetivo General.

Elaborar un prototipo de adoquín de hormigón con residuos orgánicos de maíz.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Identificar las características físicas de la hoja del maíz.
- Definir la dosificación adecuada de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz para elaborar un adoquín de hormigón.
- Determinar el comportamiento mecánico del adoquín de hormigón con adición de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz.

1.6. Justificación de la Investigación.

Este Proyecto de Titulación aportará importantes aspectos teóricos del adoquín de hormigón y de los residuos orgánicos del maíz los cuales hasta ahora no es posible obtener suficientes sustentos académicos en los textos que se desarrollan con respecto al tema. En otro sentido, se usará metodología investigativa la cual dará un tratamiento especial a temas que estudian el desarrollo sustentable durante toda la investigación.

Lo que se desea es mitigar el impacto ambiental que causa al no ser reciclados los desechos de la hoja de maíz, la cual analiza un proceso productivo, constructivo y ambiental para la reutilización de este reciclaje, de esta manera poder transformar los

desechos orgánicos en materia prima y así crear un material de construcción ecológico y resistente.

Con esto se busca un mecanismo útil e innovador que se le dé al desperdicio de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz y de esta manera reducir la contaminación ambiental, además de aprovechar los beneficios que se obtienen al elaborar un adoquín ecológico, logrando elaborar un prototipo resistente que se utilice en una construcción sustentable.

En este proyecto se presenta un estudio donde se demuestra la utilización que se le da al desperdicio de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz ya que al no ser usado genera gran cantidad de contaminación, usualmente los desperdicios sirven de abono para la producción de otros productos agrícolas, pero también suelen ser quemados y esto provoca un impacto desfavorable al medio ambiente.

1.7. Delimitación del Problema.

Área:	Ingeniería Civil.
Campo:	Educación Superior. Tercer Nivel de Grado.
Tema:	Elaboración de un prototipo de adoquín de hormigón con residuos orgánicos del maíz.
Aspecto:	Investigación Experimental.
Delimitación Espacial:	Guayaquil, Ecuador.
Delimitación Temporal:	6 meses

1.8. Hipótesis de la Investigación.

La adición de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz mejorará la resistencia a la compresión y rotura con respecto al adoquín tradicional.

1.9. Identificación de las Variables.

1.9.1. Variable Independiente.

Elaboración de un prototipo de adoquín de hormigón.

1.9.2. Variable Dependiente.

Viruta de la hoja de la mazorca de maíz.

1.10. Línea de Investigación.

Tabla 1: Línea de Investigación.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN		
ULVR	FIIC	Sublínea
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables.	1. Materiales de Construcción.	A. Materiales innovadores en la construcción.

Fuente: Universidad Laica FIIC (2019)

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.

2.1. Marco Referencial.

Con respecto a la variable adoquín, en el trabajo de investigación para obtener el título de Ingeniero Civil titulado “Análisis comparativo de las propiedades mecánicas entre el adoquín convencional y el adoquín de caucho” (Cuzco, 2016). Realizado por Ana Cuzco estudiante de la Universidad Central de Ecuador ubicada en la ciudad de Quito, tiene como objetivo principal “Analizar y comparar las propiedades mecánicas entre el adoquín convencional y el adoquín elaborado con acucho de la trituración de las llantas recicladas” (Cuzco, 2016).

Menciona en los resultados que las propiedades mecánicas del adoquín de caucho brindan superior resistencia de compresión que el adoquín de hormigón tradicional. Estos resultados aportan a esta investigación gran conocimiento en el proceso de reciclaje y los tipos de materiales que se utilizan en la elaboración de los prototipos. (Cuzco, 2016)



Ilustración 1: Adoquín de Caucho.
Fuente: (Cuzco, 2020)

Según Montiel quien realizó el proyecto de investigación para obtener el título de Maestro de Ingeniería el cual lo tituló, “Uso de agregados reciclados para la fabricación de adoquines que se puedan utilizar en la pavimentación de calles, avenidas y pasos peatonales” (Montiel, 2017). Como objetivo general plantea realizar un estudio teórico y experimental que demuestre el uso de los agregados; además menciona que se puede elaborar un adoquín a partir de residuos de construcción y de la demolición, logrando obtener la resistencia adecuada según la dosificación y el uso, aportando a esta investigación los análisis y estudios que se deben realizar a los materiales que se utilizan a lo largo de la investigación.



Ilustración 2: Adoquín con Agregados Reciclados.
Fuente: (Montiel, 2020)

Continuando con la variable adoquín de hormigón se tiene como antecedente de la investigación la realizada por Joffre Martínez, en la Universidad Técnica de Ambato donde obtiene el título de Ingeniero Civil, titulada “Análisis Comparativo De Las Resistencia A Compresión Entre Un Adoquín Convencional Y Adoquines ‘Reparados Con Diferentes Fibras: Sintéticas (Polipropileno), orgánica (estopa de coco), inorgánica (Vidrio)” (Martínez, 2016).



Ilustración 3: Adoquines preparados con diferentes fibras.
Fuente: (Martínez, 2020)

El estudiante menciona como objetivo principal “Analizar el comportamiento de la resistencia a compresión entre el adoquín convencional y adoquines preparados con diferentes tipos de fibras: Sintéticas (Polipropileno), orgánica (estopa de coco), inorgánica (Vidrio)” (Martínez, 2016). Obteniendo como resultado que los tipos de fibras que se utilizaron logran mejorar las resistencias de los adoquines en 0,1% en comparación a los tradicionales. Aportando a la investigación los parámetros de resistencia a compresión del adoquín.

Con relación a la variable Residuos Orgánicos de la hoja de maíz se tiene la investigación realizada por Robinson Causil y Víctor Guzmán para obtener el título de Ingeniero Mecánico de la Universidad de Córdoba titulada “Caracterización de las fibras de Capacho de Maíz (Zea Mays) como material de refuerzo alternativo para el concreto mediante ensayos mecánicos” (Guzmán & Causil, 2016). La cual tiene como objetivo general “Caracterizar las fibras de Maíz de como material de refuerzo alternativo para concreto mediante ensayos mecánicos” (Guzmán & Causil, 2016).

En los resultados logra establecer que se garantiza que al adicionar hasta el 0,5% la fibra de maíz como material de refuerzo alternativo en el concreto no afecta la resistencia a compresión y flexión del concreto. Esta investigación aporta de manera efectiva en este trabajo ya que se puede establecer un aproximado de adición de la viruta durante la elaboración del adoquín. (Guzmán & Causil, 2016)



Ilustración 4: Probetas de concretos reforzados con fibras de maíz.
Fuente: (Guzmán & Causil, 2020)

Según (Mackencie & Rodríguez, 2017) estudiantes de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en el cual obtienen el título de Ingenieros Industriales, desarrollan la tesis titulada “Obtención de pulpa celulósica através de hojas de mazorca de maíz para la elaboración de papel blanco”, la cual tienen como objetivo principal “estudiar el proceso de obtención de pulpa celulósica de las hojas de mazorca de maíz como materia prima en la elaboración del papel, en la zona de Quevedo Provincia de Los Ríos” (Mackencie & Rodríguez, 2017).

Los tesisistas mencionan como conclusión que al mezclar la hoja de maíz en el proceso de elaboración se obtiene una hoja de papel artesanal con alta resistencia al rasgado; sin embargo, el color del papel se ve afectado por los tipos de hojas que se procesan. Aportando a esta investigación técnicas y procesos eficaces de como procesar la hoja de maíz antes de ser utilizada. (Mackencie & Rodríguez, 2017)



Ilustración 5: Papel elaborado con hoja e Maíz.
Fuente: (Mackencie & Rodríguez, 2020)

Con relación a las hojas de maíz se toma como referencia el trabajo realizado por Maribel Prado y Maite Rentería, estudiantes del Instituto de Ecología de la Ciudad de México, donde obtienen el título de Ingeniero Agrónomo, los cuales presentan el tema “Caracterización de la hoja de Mazorca de Maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta” (Rentería & Prado, 2016).

Durante el desarrollo de la tesis plantearon como objetivo general “Caracterizar las propiedades Químicas y Morfológicas de las Hojas de Mazorca de Maíz y del Bagazo de Caña” (Rentería & Prado, 2015). Los estudiantes concluyeron que las propiedades y la morfología contienen características muy buenas, Aportando al proyecto de titulación actual importantes aspectos en cuanto a la caracterización de las fibras.

2.2. Marco Conceptual.

2.2.1. Origen del Maíz.

Para la variable Residuos Orgánicos del Maíz se tomó como referencia lo descrito en el texto titulado “*Manejo Integrado del Cultivo de Maíz*” realizado por el Ministerio de

Agricultura, Ganadería y Pesca, actualizado en el año 2015 en la ciudad de Quito, en el cual describe el origen, la morfología, y los residuos orgánicos. (MAGYP, 2017)

Con respecto al origen del maíz se considera una de las primeras plantas cultivadas por los campesinos hace 7000 y 10000 años, el maíz procede del Valle de Tehuacán ubicado en el centro de México. La sequedad de su clima es un punto muy característico del lugar, arqueólogos en esta ciudad encontraron mazorcas pequeñas de maíz con una antigüedad estimadas de 5000 años, las cuales fueron halladas en cuevas de los antepasados. (MAGYP, 2017)

Existen varias teorías que discrepan acerca del origen del maíz las cuales muchos creen que se originan del Teocintle, otros creen que proviene de un maíz silvestre en las alturas de México o Guatemala. Además, algunos investigadores aseguran que su proceder es de origen asiático en la región del Himalaya; por último, algunos científicos afirman que son de origen Andino de los altos Andes de Ecuador, Bolivia y Perú. (MAGYP, 2017)

De acuerdo con lo descrito por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca el nombre científico del maíz es “*Zea Mays*” proveniente del griego “*Zeo*” el cual tiene como significado “Vivir” y la palabra “*Mays*” se la utiliza como nombre para el maíz. El Ministerio también afirma en su investigación que esta gramínea puede ser llamada de diferentes maneras dependiendo del país y de la cultura. Por ejemplo, en América se lo conoce como choclo, jojote o elote; en Europa es conocido como uroña, danza, mijo o borona. (MAGYP, 2017)



Ilustración 6: Mazorca de Maíz.
Fuente: (MAGYP, 2017)

2.2.2. Variedades del maíz.

Como bien afirma el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca respecto a la variedad del maíz enumera 4 tipos donde se describen las características, nombres y función de su color con la finalidad de poder distinguirlos.

Maíz dulce. - Este tipo de maíz según el Ministerio se caracteriza debido a que su apariencia es redonda y de color amarillento; además de que el grano en la parte interior es jugoso. Dentro de las variedades de esta gramínea, es la más dulce; debido a que al ser cosechada en la etapa precoz del crecimiento contiene gran cantidad de azúcar y nutrientes buenos para la salud. (MAGYP, 2017)



Ilustración 7: Maíz Dulce.
Fuente: (MAGYP, 2017)

Maíz de corteza dura. - Con respecto a este tipo de maíz, se puede acotar que la característica principal es poseer mucho almidón debido a que el grano y la corteza son muy duros motivo por el cual es altamente resistentes a las plagas y a los cambios bruscos de temperatura. Cabe mencionar que este maíz se lo distingue del resto porque el grano es de varios colores y por último es necesario mencionar que se lo utiliza para hacer harina y maicena. (MAGYP, 2017)



Ilustración 8: Maíz de corteza dura.
Fuente: (MAGYP, 2017)

Maíz dentado. - El nombre se debe porque cuando el grano se seca, toma forma de un diente, se caracteriza porque la mazorca es muy larga y delgada además el grano es duro y contiene almidón blanco. Es necesario tener mucho cuidado al ser manipulado ya que deteriora fácilmente motivo por el cual es utilizado para la alimentación de animales. (MAGYP, 2017)



Ilustración 9: Maíz dentado.

Fuente: (MAGYP, 2017)

Maíz reventador. - El nombre de este tipo de maíz se debe a que cuando el grano tiene contacto directo con temperaturas altas estalla y se convierte en deliciosas palomitas de maíz. Cabe mencionar que se caracteriza debido a que la mazorca es corta, delgada y alargada conformada por pequeños granos cristalinos de color naranja de textura muy dura. (MAGYP, 2017)



Ilustración 10: Maíz reventador.

Fuente: (MAGYP, 2017)

2.2.3. Usos del maíz.

Según el “*Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca*” cita en el libro denominado “*Manejo Integrado del Cultivo de Maíz*”, que, debido a la composición química, al alto

valor nutricional, al alto contenido de grasa, hierro y fibra el maíz se lo puede utilizar como alimento de personas, animales y para uso industrial. (MAGYP, 2017)

Alimenticio. - Como se ha venido diciendo el maíz es el cereal más producido a nivel mundial, debido a la versatilidad y por la gran variedad de formas que tiene de la planta; así mismos es utilizado como alimento básico para personas y animales. Es por ello que su uso es preferencial puesto que contiene almidón y aprovechado para realizar comidas nutritivas como: Mazorca asada, tacos y tortillas. (MAGYP, 2017)

En cuanto al uso alimenticio del maíz en los animales cabe mencionar que está dirigido para los cerdos y las aves de corral dado que es de fácil digestión y porque les aportan energía; al mismo tiempo en las aves mejora el tamaño del huevo y el color de la yema por el contenido de sus nutrientes, con respecto a los cerdos reduce el índice de úlceras gástricas. (MAGYP, 2017)



Ilustración 11: El maíz como uso alimenticio.

Fuente: (MAGYP, 2017)

Industrial. - Para terminar, se puede mencionar que por el bajo valor económico y por el alto porcentaje de producción con esta materia prima se realizan subproductos que se utilizan como fuente de la industria a escala mundial, como en la farmacéutica química y en la textil metalúrgica. Además, después de un proceso complicado se produce el etanol que sirve como combustible que permite la movilización de los vehículos. (MAGYP, 2017)

2.2.4. Morfología de la Planta de Maíz.

El nombre científico que se le da a la planta de maíz es *Zea Mays*, está estructurada por raíces fibrosas, un tallo rígido de varios tamaños y hojas alargadas. El término maíz es el nombre al que se ha denominado tanto a la planta como al fruto, consta de partes

masculinas y femeninas las cuales trabajan juntas para lograr reproducirse. (MAGYP, 2017)

La planta de maíz tiene raíces subterráneas o fasciculadas las cuales absorben el agua y los nutrientes que necesitan para el crecimiento y reproducción., la raíz primaria desarrolla la germinación la cual tiene poca duración y la raíz adventicia crece a la altura de la corona del tallo enredándose debajo de la tierra con gran firmeza. El tallo es el cuerpo principal de la planta el cual crece hasta 4 metros de altura, además está compuesto por nudos y entrenudos de longitud variable, el cual se encarga de sostener las hojas y se caracteriza por dar a la planta resistencia y estabilidad. (MAGYP, 2017)

Las hojas están conformadas por vainas, cuello y el plano foliar, se caracteriza por poseer una estructura flexible, además de que suelen crecer lentamente hasta alcanzar los 10 m de altura y crecen antes de comenzar a curvar el tallo, esta planta llega a desarrollar entre 16 y 20 hojas, las mismas que nacen en cada uno de sus nodos de forma alterna. (MAGYP, 2017)

La floración está comprendida por la mazorca de maíz, por cada planta solo crece una mazorca y suelen alcanzar una longitud de 15 a 39 cm aproximadamente. La seda comprende a la parte femenina de la planta, nace en la parte superior de la hoja de maíz, se diferencian por el color amarilla, marrón o verde, pero esto varía acorde al tipo de planta o a la variedad de maíz. (MAGYP, 2017)

La mazorca o fruto del maíz está comprendida por los estigmas, hojas, granos y el corazón de la mazorca también llamada olote, las cuales cuando la planta madura se hace la recolección de macocas. El grano o semilla es el fruto de la mazorca los cuales se encuentran conectados con el olote o raquis cilíndrico. La semilla contiene zaina y glutenina, la cantidad de semillas que puede tener una mazorca de maíz depende del número de grano de hileras, el crecimiento de los granos depende de los productos que acumulen durante la fotosíntesis y de la absorción de nutrientes y agua de las raíces. (MAGYP, 2017)

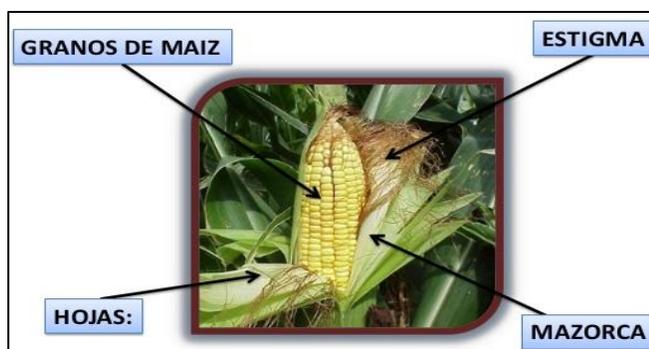


Ilustración 12: Partes de la Mazorca del Maíz.
Fuente: (MAGYP, 2017)

2.2.5. Cultivo del Maíz.

El cultivo del maíz se caracteriza por no sembrarse en semillero sino por medio de siembra directa. Previamente a realizar la siembra, cosecha o almacenamiento se debe tener en cuenta varios aspectos como la preparación del suelo, fertilización de la semilla humedad, temperatura, riego y las vías de acceso para lograr obtener un producto excelente. (MAGYP, 2017)

Requerimiento y exigencias del cultivo.

Riego.

Uno de los requerimientos que se debe cumplir para obtener una excelente cosecha, es el riego. En este proceso se debe instalar un sistema de riego por goteo intenso, con el objetivo de hidratar y mantener la tierra húmeda. Cabe mencionar que la correcta hidratación favorece la germinación y formación de la espiga haciendo que en la mazorca crezcan la totalidad de los granos. (MAGYP, 2017)

Nitrógeno.

La cantidad de nitrógeno que se coloca en la producción del maíz dependerá del tipo y textura del suelo, por lo general se tiende a colocar de 22 kg/ton de Rendimiento nutricional, el 0.66% del requerimiento índice de cosecha y el 14.5 kg/ton extracción. Cabe mencionar que un déficit de nitrógeno provoca el deterioro en la coloración de las hojas y la ausencia del grano en las puntas de las mazorcas. (MAGYP, 2017)

Fósforo.

La dosis de fósforo depende igualmente del tipo de suelo, este requerimiento se encarga de dar vigor a las raíces. Por lo general cantidad que se coloca en el rendimiento es de 4 kg/ton, el índice de cosecha 0.75 % y la extracción 3 kg/ton. Es necesario acotar que la

falta de este requerimiento afecta directamente a la fecundación y al desarrollo del grano. (MAGYP, 2017)

Potasio.

El potasio es el encargado de darle de darle fortaleza a la raíz, es recomendable colorar cantidades superiores a 80 y 100 ppm. En suelos arenosos y arcillosos se debe colocar una elevada cantidad de potasio que va entre 135 y 160 ppm debido a que la falta del mismo provoca que los hongos ataquen y debiliten la raíz de la planta, provocando que la mazorca no crezca correctamente. (MAGYP, 2017)

Semilla.

Para garantizar que la semilla germine de manera excelente hay que cumplir varios parámetros que garanticen la calidad del producto final. Se recomienda adquirirla en lugares que garanticen la buena calidad del grano; cabe mencionar, que se puede utilizar las semillas de la cosecha anterior. Es necesario tener en cuenta que si la tierra se enfría la misma se pudre causando hongos e insectos en la mazorca. (MAGYP, 2017)

Temperatura.

Para que la semilla desarrolle excelentemente la temperatura óptima será de 15 a 20° C durante 3 días, si este parámetro no se cumple la germinación tardará más tiempo en realizarse disminuyendo la cantidad y calidad del maíz. Es necesario mencionar que a bajas temperaturas y a las heladas el cultivo es muy sensible, es por ello que la incidencia de la luz solar es indispensable para lograr absorber los nutrientes y minerales. (MAGYP, 2017)

Siembra.

Para la correcta Una vez preparado el terreno se debe realizar la correcta selección de la semilla para luego proceder a realizar la siembra directa, teniendo en cuenta algunos aspectos para obtener una buena producción. Es necesario mencionar que la época ideal para realizar este procedimiento se debe realizar entre los meses de abril hasta principios de junio, teniendo en cuenta la temperatura que debe alcanzar los 10° C. (MAGYP, 2017)

Además, en el terreno se deben hacer excavaciones en hileras longitudinales a una profundidad de 3 cm separadas una de otras plantas a 50 cm; cabe mencionar que en cada hoyo se depositan de dos a tres semillas. Estos espacios de separación se dejan con la finalidad de evitar la polinización debido al viento. Cabe mencionar que durante la

siembra se debe realizar una buena fertilización a base de urea, nitrato amónico y solución nitrogenada para que el grano se forme y se desarrolle de manera excelente. (MAGYP, 2017)

Las semillas se pueden plantar directamente en las plantaciones o en un semillero; es necesario acotar que en el vivero la semilla germina entre 7 a 10 días, una vez que brotar y haya crecido alrededor de 8 a 10 cm es transportada. Durante el crecimiento primero brota el cotiledón que se encarga de alimentar a la planta por varios días, luego afloran las hojas y para terminar nacen las mazorcas. (MAGYP, 2017)

Fertilización y Nutrientes.

Para desarrollar la resistencia y evitar la caída de la planta es necesario que la tierra donde se va a sembrar debe estar bien abonada y rica en humus, debe ser colocado cuatro semanas antes en la tierra para que se mezcle correctamente en el terreno. Cabe que este tipo de sembríos no tolera el estiércol fresco, se recomienda fertilizar cuando salgan los primeros brotes cuidando no excederse por las plagas. (MAGYP, 2017)

Para obtener un elevado rendimiento nutricional en el cultivo del maíz, es necesario que el terreno donde se va a sembrar debe ser bien abonada, rica en nitrógeno. Además, se recomienda ubicar la plantación en un lugar donde el suelo sea profundo y fértil; asimismo debe estar correctamente ventilado, es necesario que la planta absorba los rayos del sol ya que esto favorece al crecimiento de los granos. (MAGYP, 2017)

Control de plagas y enfermedades.

Debido a varios factores y agentes como es la temperatura, suelo, y la ubicación de los cultivos existen plagas como gusanos, aves y roedores que causan la destrucción de la planta y por ende de la mazorca. Para evitar la aparición en los sembríos es necesario colocar mallas protectoras o fabricar espantapájaros, también se debe revisar al menos dos veces a la semana. (MAGYP, 2017)

Diferentes Plagas

Gusano blanco. - Es un insecto que se encuentra presente en todo el contenido americano y en los cultivos de siembra directa. Este tipo de plagas son resistentes en las zonas de clima cálido, causan daño en las raíces tiernas luego comienzan a comerse las hojas y los tallos; este tipo de larvas causan perforaciones en el cogollo causando la muerte de la planta. (MAGYP, 2017)



Ilustración 13: Gusano blanco.

Fuente: (MAGYP, 2017)

Escarabajo de las hojas. - Este tipo de plaga depositan los huevos en las hojas, las cuales las devoran casi en su totalidad causando daño y reducción de la superficie foliar reduciendo el rendimiento del cultivo. Estas larvas se nutren del sistema reticular de la planta; cabe mencionar que durante la sequias se incrementa la población de los escarabajos haciendo que las infestaciones se dupliquen motivo por el cual se debe hacer uso obligatorio de agentes químicos. (MAGYP, 2017)



Ilustración 14: Escarabajo de las hojas

Fuente: (MAGYP, 2017)

Oruga cortadora. - Este tipo de polilla tiene la particularidad de depositar entre 50 a 150 huevos al atardecer o por las noches en las hojas de las plantas, después de 12 días comienzan a salir las larvas las cuales se alimentan de las hojas. Estas plagas son las que causan ataques severos, debido a que se ocultan en el cuello de la planta y se esconden entre las hojas. (MAGYP, 2017)



Ilustración 15: Oruga cortadora.
Fuente: (MAGYP, 2017)

Pulgones. - Este tipo de plagas también se las conoce como “*Piojeras de Maíz*”, se caracterizan porque incrusta el pico largo en la planta, succionando la sabia de la hoja deshidratándola y dejando varios puntos de color blanco. Estos insectos se desarrollan muy rápido sobre todo en climas de temperatura moderada y en terrenos de alta humedad. Para evitar la presencia y el incremento se debe regar con agua y jabón diluido por varios días. (MAGYP, 2017)



Ilustración 16: Pulgones.
Fuente: (MAGYP, 2017)

Barrenador del grano de maíz. - A esta plaga se la considera como “*plaga Clave*”, se caracteriza porque rompe el grano formando un orificio por donde ingresa para alimentarse del almidón dejando el espacio libre para que la hembra deposita los huevos y alojarse durante dos meses. Cuando la mazorca está contaminada tiene la particular de

emanar un olor desagradable haciendo que el maíz no se pueda utilizar como alimentos para los animales. (MAGYP, 2017)



Ilustración 17: Barrenador del grano de maíz.
Fuente: (MAGYP, 2017)

Diferentes enfermedades.

Roya Común. - Esta enfermedad es la más frecuente en los cultivos de maíz, por lo general se manifiesta en climas templados y en terrenos húmedos, es causado por hongos y causan daño directamente a la hoja. El tratamiento que se debe realizar para combatir esta plaga es basado en desinfectar la semilla y evitar el encharcamiento de agua. (MAGYP, 2017)



Ilustración 18: Roya Común.
Fuente: (MAGYP, 2017)

Carbón de Espiga. - Este tipo de enfermedades tienden a desarrollarse en lugares cálidos y secos; habitualmente es causada por hongos los cuales se inserta en la planta y deforma la espiga. Esta infección se encarga de podrir la mazorca, las cuales luego de un tiempo desprenden grandes cantidades de esporas de color negra. El tratamiento que se debe cumplir para evitar este contagio es evitar el exceso de nitrógeno. (MAGYP, 2017)



Ilustración 19: Carbón de Espiga.
Fuente: (MAGYP, 2017)

Podredumbre Bacteriana. - Este tipo de enfermedad afecta a la planta antes de la floración particularmente es causada por hongos cabe mencionar que esta bacteria causa daño directamente al tallo y a la raíz, es por ello que provoca pérdidas en la espiga y en el grano. Para controlar esta afectación es necesario controlar la densidad de la planta y evitar el riego cuando exista sol intenso. (MAGYP, 2017)



Ilustración 20: Podredumbre Bacteriana.
Fuente: (MAGYP, 2017)

Enanismo del maíz. - Enfermedades causadas por virus y mollicutes como las chicharras contagiadas las cuales transmiten el virus por varios meses. Cabe mencionar, que tienen la particularidad de que las hojas se vuelven de color rojizo o en algunos casos de color púrpura; además la planta no se desarrolla debido a que la distancia entre nudos disminuye por lo que muere prematuramente. (MAGYP, 2017)



Ilustración 21: Enanismo del maíz.

Fuente: (MAGYP, 2017)

Cosecha.

El proceso de cosecha según el Ministerio mencionado anteriormente significa “recoger el fruto y alistarlo para ser entregado al comprador”. Esta labor se realiza de manera manual o por medio de máquinas cosechadoras, la cual se encarga de retirar las mazorcas. Uno de los aspectos que debe cumplir el fruto antes de ser retirado de la planta, es que la misma debe estar totalmente seca sin rastros de humedad para evitar pérdidas del monocultivo. (MAGYP, 2017)

El momento idóneo de recolección y cosecha del maíz depende del tipo y variedad del grano, este proceso se realiza en dos fases alrededor de entre 100 y 150 días después de ser sembrado en las plantaciones. En la primera se deja secar el grano de forma gradual y en la segunda se separa la mazorca de la planta, cabe mencionar que en ambas se debe mantener las distancias y la cantidad de la semilla. (MAGYP, 2017)

Se habla de cosecha manual cuando el grano se deja secar de forma gradual; es decir, que se deja la mazorca adherida a la planta en un tiempo determinado el cual depende de varios factores como la densidad y la distancia. Entre las practicas más usadas para realizar este proceso se tiene dejar las plantas enteras y también se recomienda cortar la parte de arriba con la finalidad de permitir la exposición al sol. (MAGYP, 2017)

Otra de las prácticas que se realizan durante la cosecha es el doblado o quebrado de la planta donde se encuentra la espiga, esto se realiza con la finalidad de prevenir que el agua penetre en el interior de la mazorca logrando así evitar el daño de los granos. A más de los procesos mencionados anteriormente existen dos tipos de cosecha que están relacionados directamente con el tipo de grano los cuales se detallan a continuación. (MAGYP, 2017)

Una vez finalizado la cosecha se lleva a cabo el secado el cual consiste en colocar las mazorcas en un lugar limpio donde estén expuesta directamente al sol, con el objetivo de conseguir retirar todo el contenido de humedad. Con respecto al desgranado se realiza de manera manual, el cual consiste en separar los granos de la mazorca con la mano; y por último se efectúa el mecanizado que se realiza por medio de máquinas especializadas para cumplir esta labor. (MAGYP, 2017)

Almacenamiento del Maíz.

En cuanto al almacenamiento de las mazorcas luego de ser cosechadas según el Ministerio deben de estar totalmente airadas, colocadas en un lugar adecuado y fresco. El grado de temperatura, humedad, olor y las impurezas según el tipo de grano, son factores que inciden en cuanto a las normas de higienes que se necesitan cumplir para poder ser vendidos. (MAGYP, 2017)

2.2.6. Residuos Orgánicos del Maíz.

El Ministerio de Agricultura, ganadería y Pesca menciona en el capítulo XII, el artículo 37 Del Manejo de Desechos Y agentes contaminantes que *“se debe adecuar un área específica para la disposición de los desechos líquidos o sólidos y materiales en desuso, deben estar ordenados alejados de fuentes de aguas y de las instalaciones del predio”* (MAGYP, 2017)

Gran cantidad de biomasa residual se produce durante el cultivo del maíz en el cual se cosecha entre 45% a 55% en grano, el resto pertenece a la planta la cual comprende las cañas, las hojas y la mazorca. Estos residuos corresponden entre 20 a 35 toneladas por hectárea de maíz, la estructura de los desechos contiene características físico-químicas que contienen valores nutritivos. (MAGYP, 2017)

En la investigación realizada por los científicos del Centro Superior de Investigaciones Científicas de la Misión Biológica en Galicia, constatan que las biomásas residuales producen alta tasa de producción de etanol. Esto se debe a que contienen grandes cantidades de azúcar, haciendo factible la exportación para usos energéticos. (MAGYP, 2017)

Este tipo de cultivo agrícola genera grandes cantidades de desechos orgánicos, cabe mencionar que es se recomiendan reutilizarlos para lograr proteger el suelo de la erosión y conservar todos los nutrientes. Estos residuos o rastrojos se les deben dar tratamiento necesario y adecuado para garantizar la calidad de los nuevos productos en los cuales van a ser reutilizados como materia prima. (MAGYP, 2017)

2.2.7. Hoja del Maíz como Residuo Orgánico.

La hoja del maíz es desechada durante la cosecha sin tener ningún tipo de usos generando desechos agrícolas. Cabe destacar que estas hojas nacen desde el borde del tallo y cubren la mazorca tomando forma alargada y un poco ondulada además de tener un aspecto áspero. La fibra contiene Holocelulosa, Lignina y Celulosa haciendo que sean idóneas para ser reutilizadas en nuevos productos. (MAGYP, 2017)

La hoja de maíz en una investigación realizada por Araceli García de la Universidad de Córdoba, manifiesta que esta fibra es considerada como un material base del futuro para la construcción. Debido a que la composición de los “*monocristales de celulosa*” que provienen de los desechos son ligeros, resistentes a la tracción, menos contaminantes y más baratos haciéndolo sostenible para elaborar nuevos materiales más resistentes que el acero. (MAGYP, 2017)

2.2.8. Características Físicas de la Hoja del Maíz.

La planta de maíz se encuentra dentro del grupo de monocotiledóneas, estas transportan fotosintatos y sales y disueltas desde las raíces a sus hojas y el mismo proceso en sentido contrario a través de los vasos Floxema y Xilema. El tejido de las hojas de la mazorca de maíz contiene una estructura celular parenquimatosas de paredes delgadas resistentes con gran cantidad de perforaciones. (MAGYP, 2017)

La hoja de la mazorca de maíz posee varias características que hace que sea ideal para ser utilizada, una de las principales es ser alargada y un poco ondulada, en el borde posee un aspecto áspero. Estas hojas nacen aproximadamente entre 12 y 24 unidades, además salen desde el tallo y cubren la mazorca para el desarrollo y evolución de un grano grande. (MAGYP, 2015)

2.2.9. Características Químicas de la Hoja del Maíz.

El tejido de las hojas de maíz contiene una estructura celular parenquimatosas de paredes delgadas resistentes con gran cantidad perforaciones. Las propiedades

biométricas de la hoja presentan un material fibroso con características enfocadas a la resistencia, también exponen un lumen ancho, el cual desarrolla la capacidad de impregnación, otras de sus propiedades indican que son resistentes al rasgado, tensión y explosión el cual se han comprobado con su coeficiente de flexibilidad. (MAGYP, 2017)

Tabla 2: Características Químicas de la Hoja del Maíz.

CARACTERÍSTICAS	VALORES
Celulosa	43.14%
Lignina	23%
Ceniza	0.761%
Coefficiente de Rigidez	0.316
Coefficiente de Flexibilidad	0.677
Longitud promedio	1.86 mm
Ancho	47.4 um
Lumen	32.1 um
Espesor	7.5 um

Fuente: (SciELO, 2020)

2.2.10. Origen del Adoquín.

Para la variable Adoquín de Hormigón, se tomó como referencia lo descrito en el texto titulado “*UF1056: Ejecución de bordes de Confinamiento y Adoquinados*” escrito por José Cortabarra, publicado por el Editorial Innovación y Cualificación, actualizado en el año 2016 en la ciudad de España, en el cual describe el origen, Usos, ventajas y tipos. (Cortabarra , 2016)

Los adoquines han tenido origen desde más de 20 siglos, cuando el poderío militar tenía la necesidad de crear carreteras y vías de comunicación seguras, limpias y rápidas; con la finalidad de desplazar los productos, de avivar el comercio y facilitar el transporte de las tropas del ejército. Cabe detallar que la primera calzada construida fue de piedra basáltica de forma poligonal son una longitud de un metro de ancho. (Cortabarra , 2016)

Desde la época medieval los adoquines están ligados con la evolución de las vías urbanas, cabe mencionar que se usaban mayormente en vías de gran extensión con la finalidad de dotarlas de rapidez y duración. Además, las antiguas superficies residían en piedras en estado natural sin tallar provocando incomodidades en el transporte; sin embargo con la invención del bloque de adoquín se logró que los viajes se sintieran más placenteros. (Cortabarra , 2016)

Por lo que no resultaba practico elaborar los adoquines de piedra por la complejidad de su elaboracion ya que tenian que tallarlos, se comenzaron a sustituir por los de arcilla

cocida y algunas veces por los tablones de madera, estos también fueron descartados debido al pronto desgaste de la superficie. Sin embargo, a inicio de la Segunda Guerra Mundial se comenzaron a utilizar moldes individuales para fabricar los adoquines de arcilla y concreto. (Cortabarra , 2016)

Posteriormente, Alemania al observar que el adoquín de concreto comparado con el de arcilla resultaba más eficiente para ser utilizado, debido a la capacidad de resistencia y durabilidad, motivo por el cual se comenzó a industrializarlos y fabricar a mayor escala el material de construcción en diferentes formas y tamaños utilizando máquinas fibrocompresoras. (Cortabarra , 2016)



Ilustración 22: Calles Antiguas adoquinadas.
Fuente: (Cortabarra , 2016)

2.2.11. Usos de del Adoquín.

Con respecto a los usos del adoquín en las construcciones civiles tanto para el tráfico peatonal como para el flujo del tránsito vehicular va a depender del lugar, del material y del tiempo de curado que se le dé durante el proceso de elaboración. Cabe destacar que el uso dependerá de la superficie y del área donde van a ser colocados. (Cortabarra , 2016)

2.2.12. Tipos de Adoquines.

Los adoquines son fabricados en diferentes dimensiones y formas dependiendo de la utilización y de la necesidad en la que se lo emplee. Los adoquines naturales, son aquellos que se forman en el suelo por el agua en movimiento y los fabricados son formados por piedras, arcilla y los más utilizados son los de hormigón que suelen ser fabricados de varios tamaños, formas y colores. (Cortabarra , 2016)

Según la forma y tamaño.

Adoquines Machihembrados multidireccionales. - A este tipo de adoquín también se los llama Tipo A, tiene las particularidades de ser dentados entre sí; además de presentar entrantes y salientes en sus caras laterales, de tal manera que la geometría plana y los dientes encajan perfectamente con todos los lados transversales de las piezas. Este tipo de adoquines son utilizados en lugares de recreación como parques. (Cortabarra , 2016)

Adoquines Machihembrados Unidireccionales. - A este tipo de adoquín también se los llama Tipo B, tiene las particularidades de ser dentados entre sí; además de presentar entrantes y salientes en sus caras laterales, con la diferencia que solo encajan en dos de sus cuatros lados. Este tipo de adoquines son utilizados en ambientes interiores y exteriores. (Cortabarra , 2016)

Adoquines Clásicos. - Al igual que en los dos casos anteriores a este tipo de adoquines también se les llama Tipo C, tienen la particularidad de no ser dentados; Además de no presentar entrantes y salientes, por esta razón no tiene encaje en ningún lado de sus caras. Es necesario acotar e importante precisar que la colocación de las piezas debe ser precisa. (Cortabarra , 2016)

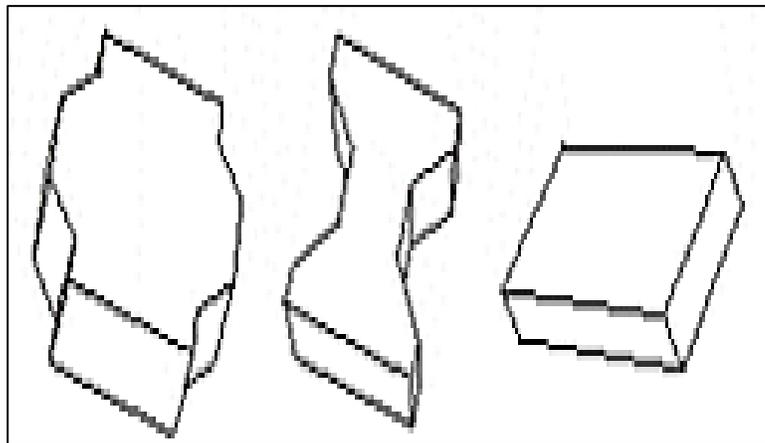


Ilustración 23: Tipo de adoquines según la forma y tamaño.

Fuente: (Cortabarra , 2016)

Según el tipo de material.

Adoquín de Arcilla. - A este tipo de adoquín también se los conoce como de ladrillos están fabricados por una mezcla homogénea de arcilla y pizarra; se caracterizan porque se cuecen a altas temperaturas con la finalidad de lograr ser más duraderos. Dentro de esta variedad existen varios colores, cabe mencionar que tienen la particularidad de no

necesitar mayor mantenimiento, su tiempo de vida útil es superior es de 30 años. (Cortabarra , 2016)

Adoquín de Piedra. - Los adoquines de piedra se caracterizan por ser de origen natural; es por ello que debido a su composición son resistentes al alto tránsito vehicular y peatonal. La ventaja de usar este tipo de adoquín es que no necesita de un mantenimiento especial, ya que el acabado rústico que presenta es perfecto para cubrir ambientes exteriores. Cabe mencionar que se usa para la decoración y paisajismo en patios y jardineras. (Cortabarra , 2016)

Adoquín de hormigón.- El adoquín de hormigón según las normas NTE INEN 3040 2016 adoquines de hormigón “*los adoquines son unidades de prefabricada de hormigón, utilizada como parte de pavimento*”, es un elemento macizo de forma prismática utilizado para crear superficies de pavimentos, estos pasan por un proceso de fabricación mediante modelado, secado, cocción y una temperatura requerida, los adoquines tendrán cualquier forma geométrica los cuales deben ensamblar entres si con el fin de formar un espacio uniforme el cual permitan la circulación de vehículos, personas y animales. (Cortabarra , 2016)



Ilustración 24: Tipos de adoquín según el tipo de material.

Fuente: (Cortabarra , 2016)

Según la instalación y aplicación.

Tránsito liviano. - Este tipo de adoquines son los que se utilizan para soportar el peso del tráfico peatonal y vehicular livianos, se caracteriza por la capacidad de adaptabilidad y resistencia a la compresión además de estar diseñados para que se coloquen en aceras, plazas públicas, jardines, patios interiores y exteriores; cabe mencionar que se recomienda que la carga de máxima sea de 300 kg/cm². (Cortabarra , 2016)

Tránsito vehicular pesado. - Este tipo de adoquines están fabricados para soportar un alto volumen de tráfico, cabe mencionar que la carga de máxima no sobrepase los 400 kg/cm². La colocación de este tipo de pavimento se realiza en vías urbanas, rurales, terminales de autobús y mercados; cabe mencionar que también se los coloca en áreas grandes donde la resistencia este más concentrada como en industrias, zonas portuarias, aeropuertos, entre otras. (Cortabarra , 2016)

Tipo flexible y rígido. - Estos adoquines se colocan de acuerdo a su instalación, es decir que si están asentados sobre una superficie de mortero o sobre una base de concreto se instalan los rígidos los cuales son ideales para soportar tránsito de carga pesada. En cuanto a los adoquines flexibles, estarán asentados sobre superficies de arena y por una capa de materiales granulares compactado con la finalidad de soportar carga liviana. (Cortabarra , 2016)



Ilustración 25: Tipos de adoquín según la instalación y aplicación.

Fuente: (Cortabarra , 2016)

2.2.13. Ventajas y beneficios.

Una de las ventajas de utilizar un adoquín es el fácil manejo para ser transportados y colocados en una construcción, cabe mencionar que la vida útil aproximadamente de un adoquín es de 30 años, otra de las grandes ventajas que tiene es la durabilidad y la

permanencia del color ya que posee una amplia gama de colores. Cabe mencionar que su uso se debe a la resistencia a las heladas, las lluvias ácidas y a la acción de las altas temperaturas. (Cortabarra , 2016)

Permeabilidad. - Una de las ventajas que brinda el adoquín de hormigón es no permitir hacia el interior de las capas la filtración de los líquidos como aceites, grasas combustibles entre otros; además tiene la particularidad de no degradarse debido a la estructura de las juntas, las cuales están totalmente selladas con arena y de la misma manera permite drenar el agua en la totalidad. (Cortabarra , 2016)

Durabilidad y vida útil. - Este tipo de adoquines tiene una vida útil de más de 40 años, cabe mencionar que la larga durabilidad dependerá de cómo se coloque en obra además del mantenimiento que se les proporcione. Sin embargo, si llegara a dañarse algunos de los bordes, estos pueden ser retirados y reemplazados sin ningún inconveniente sin causar ningún efecto adverso en la pavimentación. (Cortabarra , 2016)

Sencillez en el proceso constructivo. - Una de las particularidades que posee dentro del proceso de elaboración de los adoquines es no necesitar derivados del petróleo, además de que la colocación puede realizarse por tramos y no necesita de maquinarias industrializadas. Cabe mencionar que una vez que son colocados como pavimentos no necesita tiempo de fraguado. (Cortabarra , 2016)

Fácil mantenimiento. - Debido a la gran variedad de formas y la perfecta combinación de colores, los adoquines, permiten realizar de manera efectiva el mantenimiento por segmentos y la eliminación de la vegetación sin necesidad de personal especializado. Este proceso es fácil y simple de realizar, el cual consiste en rellenar las juntas con arena en cada una de las piezas sin necesidad de destruirlas. (Cortabarra , 2016)

Seguridad. - Los adoquines de hormigón tienen la ventaja de poseer alta resistencia, es por ello que son utilizados como pavimentos especialmente para el tráfico vehicular. Al mismo tiempo, debido a la superficie rugosa que posee, disminuye el riesgo de frenar a altas velocidades de los automotores. Cabe detallar que las piezas llegan a obra totalmente listas para ser utilizadas sin necesidad de realizarle ningún tratamiento previo. (Cortabarra , 2016)

Costos económicos. - En cuanto a los costos en el proceso de elaboración, transporte, colocación y mantenimiento resulta económico trabajar con los adoquines de hormigón.

Cabe acotar que durante la fabricación se disminuye el uso de la arena logrando que la resistencia aumente y por ende se favorece la relación costo-rendimiento. (Cortabarra , 2016)

De la misma manera resulta económico utilizar los adoquines de hormigón por que las características y beneficios superan a otros tipos de adoquines en relación a los costos. En cuanto a la transportación, colocación y mantenimiento los costos son económicos dado que se realizan por bloques y no necesita de mano de obra especializada. (Cortabarra , 2016)

Cualidades Físicas. - La mayor ventaja que poseen los adoquines de hormigón es la durabilidad y permanencia del color en cada una de sus piezas; de igual forma y no menos importante posee alta resistencia mecánica, soportando de manera efectiva las cargas puntuales ejercidas sobre cada segmento. De la misma manera resiste a la acción de heladas, a las elevadas temperaturas, al desgaste y a la ralladura de los vehículos. (Cortabarra , 2016)

Calidad y certificación. - Este tipo de adoquines son elementos prefabricados que tienen la ventaja de llegan listo a la obra. Cabe mencionar que la excelente calidad debe de estar controlada y certificada por empresas que se dedican a la elaboración de estos materiales de construcción, las cuales deben de seguir las normas y especificaciones técnicas que la norma indique. (Cortabarra , 2016)



Ilustración 26: Ventajas y beneficios de utilizar un adoquín.
Fuente: (Cortabarra , 2016)

2.2.14. Características del Adoquín.

El adoquín a más de ser un elemento constructivo de alta resistencia posee varias características que hace que sea ideal para utilizarse una de ellas es la gran variedad de

forma y colores, brinda una apariencia estética adecuada, además de no necesitar mano de obra especializada. Cabe mencionar que se colocan de manera simple y fácil. Cabe mencionar que el mantenimiento debe ser constante evitando la aparición de hierbas. (Cortabarra , 2016)

El adoquín a más de ser un elemento constructivo de alta resistencia posee varias características que hace que sea ideal para utilizarse una de ellas es la gran variedad de forma y colores, brinda una apariencia estética adecuada, además de no necesitar mano de obra especializada. Cabe mencionar que se colocan de manera simple y fácil. Cabe mencionar que el mantenimiento debe ser constante evitando la aparición de hierbas. (Cortabarra , 2016)

El adoquín de hormigón es un elemento constructivo que posee propiedades físicas y mecánicas, el cual toma en cuenta las resistencias a las cuales el elemento pueda enfrentar durante la utilización del mismo. Las propiedades que abarcan los adoquines de hormigón son la resistencia climática por absorción del agua, resistencia a la rotura y al desgaste por abrasión. (Cortabarra , 2016)

Tabla 3: *Características de un adoquín.*

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Apariencia estética	Excelente
Colores	Gran Variedad
Textura	Gran Gama
Instalación	Fácil, no necesita personal especializado.
Mantenimiento	Constante para evitar crecimiento de hierbas

Fuente: (EcuRed, 2020)

2.2.15. Propiedades Físicas y Mecánicas de un Adoquín de hormigón.

Para lograr y garantizar una excelente durabilidad y resistencia de un adoquín se debe realizar una adecuada absorción de agua, este proceso primero consiste en sumergir los adoquines en agua limpia a una temperatura de 20°C, teniendo en cuenta separarlos unos de otros a una distancia prudencial de 1cm, durante un período de 3 días. (Cortabarra , 2016)

Se recomienda cuidar que el nivel del agua no baje a menos de 2 cm sobre la superficie de los especímenes. Luego una vez finalizada la absorción del agua se debe dejar secar en el sol hasta que cada una de las caras de los adoquines esté de color mate. Finalmente se

debe tomar en consideración que el porcentaje máximo de absorción de agua sea el 9 % por unidad. (Cortabarra , 2016)

Tabla 4: Propiedades Físicas y Mecánicas de un Adoquín de hormigón.

PROPIEDADES	CARACTERISITCAS
Resistencia climática por absorción de agua	$\leq 6\%$
Resistencia a la Rotura	$\geq 3.6 \text{ Mpa}$
Resistencia al Desgaste por Abrasión	Longitud de cuerda $\leq 25\text{mm}$
Comportamiento frente al Fuego	No combustible, aislante de color.

Fuente: (Construmática, 2020)

2.2.16. Métodos de fabricación del adoquín de hormigón.

Método Manual.

Como su nombre lo indica, el proceso de fabricación se realiza de manera manual con herramientas básicas y moldes de madera sin mayor control. Cabe mencionar que este método es el menos efectivo y por ende el menos utilizado debido a que durante la fabricación presenta fallas y no cumple con las especificaciones y normas de calidad estipulada en la norma. (Cortabarra , 2016)



Ilustración 27: Máquina de adoquines Manual.

Fuente: (Cortabarra , 2016)

Método Semi-manual.

Este procedimiento se realiza de manera artesanal en máquinas semi-manuales, es decir que en el proceso de elaboración los trabajadores mezclan el material con ayuda de una máquina mezcladora, luego se procede a colocar el material en la vibro-compactadoras.

Cabe recalcar que este método es el más utilizado en el mercado de la construcción en todo el Ecuador. (Cortabarra , 2016)



Ilustración 28: Máquina de adoquines semi-manual.
Fuente: (Cortabarra , 2016)

Método Automático.

Este método es automatizado es el más utilizado internacionalmente, cabe señalar que en Ecuador no existe este tipo de maquinaria. Todo el proceso de fabricación es controlado por máquinas computarizadas, motivo por el cual no necesita de la mano de obra de trabajadores. Los materiales son trasladados por medio de bandas para luego ser mezclados, moldeados, vibro-compactados hasta completar el todo el proceso y llegar al producto final. (Cortabarra , 2016)



Ilustración 29: Máquina de adoquines automática.
Fuente: (Cortabarra , 2016)

2.2.17. Proceso de fabricación de un adoquín de hormigón.

Para lograr la fabricación de un excelente lote de adoquines se debe determinar la correcta selección de materiales, herramientas y equipos que se va a utilizar. Estos materiales de construcciones están compuestos de cemento, arena y agua; las cuales se mezclan de manera envolvente hasta que se humedezcan y consiga formar una mezcla homogénea. (Cortabarra , 2016)

Cabe mencionar que para realizar el proceso de mezclado de los materiales se lo puede realizar de dos formas; la primera es de forma manual o artesanal, la cual se realiza con pala; mientras que la segunda forma, es en la que se maneja la adoquinera. Cabe señalar que esta máquina se utiliza cuando se requiere hacer una producción de adoquines de mayor cantidad. (Cortabarra , 2016)

Una vez obtenida la mezcla se empieza la fabricación de los adoquines en la adoquinera, en el cual primero se prepara las teleras o más conocidas como tableros las cuales son encargadas de recibir los adoquines. Esta máquina consta de una tolva en la cual se encuentran los moldes que le dan forma a los adoquines y en la que un operario encargado debe de llenarla con la mezcla mencionada anteriormente. (Cortabarra , 2016)

Ya colocada la mezcla se acciona una palanca la cual hace que los pistones apliquen presión sobre los moldes mientras vibran por un tiempo determinado, se recomienda que estas pisadas se realicen por dos ocasiones para lograr mayor compresión. Una vez finalizado este proceso se procede a retirar los tableros con los adoquines terminados para trasladarlos con cuidado a un lugar limpio y cubierto para que cumplan con el proceso de curado. (Cortabarra , 2016)

Una vez finalizado la mezcla de materiales y el proceso de elaboración se realiza, pasada las primeras 24 horas, el curado el cual consiste en rociar agua a los adoquines directamente de manera constante. Una vez humedecidos se deben cubrir con un plástico negro. Es necesario acotar que los adoquines deben permanecer un mínimo de 7 días humedecidos y tapados para así lograr mayor resistencia. (Cortabarra , 2016)

Para realizar la comprobación de las características físicas, los ensayos de calidad, la absorción de agua, resistencia a la rotura, y la resistencia a la abrasión se recomienda que se ejecuten pasado los 28 días de haber terminado el proceso de fabricación o de prensado.

Una vez cumplido con las normas y especificaciones técnicas pueden ser comercializados. (Cortabarra , 2016)

2.2.18. Ensayos de calidad.

Los ensayos de calidad son pruebas estandarizadas que deben de cumplir los adoquines durante el proceso de fabricación, cada pieza debe cumplir los requisitos y las especificaciones durante el proceso antes de que el material sea entregado a una obra para ser utilizado como pavimento. Es necesario acotar que estos ensayos tienen la finalidad de determinar la resistencia, desgaste y la carga que soporta antes de presentar fisura o rotura.

Resistencia a la compresión y rotura.

El ensayo de resistencia a la compresión es el método más común que se utiliza para determinar las propiedades del hormigón y la carga máxima de resistencia que soporta un adoquín, antes de presentar deformaciones y roturas. Este procedimiento consiste en colocar una carga continua por un minuto sobre la superficie transversal de la pieza ensayada a una velocidad constante.

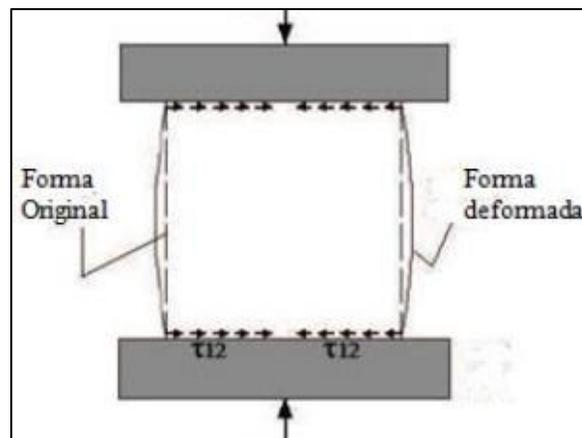


Ilustración 30: Ensayo de Resistencia a la compresión y rotura.

Fuente: (Cortabarra , 2016)

Para que un adoquín de hormigón cumpla con los parámetros de resistencia es necesario que se cumplan los parámetros que rige la Norma INEN 1485, el cual indica que los ensayos se deben realizar 28 días después de ser elaborados. Los valores mínimos de resistencia que debe de tener un adoquín ensayado antes de deformarse serán de 2,9 NPa y la carga mínima deberá ser de 250 N/mm.



Ilustración 31: Muestras con deformaciones.
Fuente: (Cortabarra , 2016)

Resistencia al desgaste por abrasión.

Este ensayo permite saber el desgaste que sufren los adoquines al tener contacto directo con la cara superior que expuesta a la abrasión. Uno de las ventajas del adoquín de hormigón es que brinda excelentes resistencias al desgaste; cabe mencionar que la abrasión promedio debe ser mayor a de 23mm y la disminución del espesor de los especímenes ensayado no debe ser mayor de 3mm.

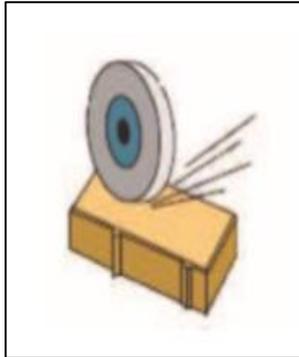


Ilustración 32: Ensayo de resistencia al desgaste por abrasión.
Fuente: (Cortabarra , 2016)

Resistencia al deslizamiento y resbalamiento.

La resistencia al deslizamiento para ruedas de vehículos y el resbalamiento para la pisada de peatones es la fuerza que se desarrolla cuando existe contacto entre la superficie de los adoquines. Esta fuerza está directamente relacionada con la fricción o rozamiento que existe entre el pavimento y las superficies de contacto la cual está encargada de medir de resistencia ante frenado y deslizamientos.

Estos valores se miden en función del estado del adoquín; es decir, que si las piezas ensayadas están húmedas, totalmente seca, rugosas o lisas. Una vez instalados como pavimentos es recomendable no realizar pulidos excesivos y continuos de las caras vistas

considerando que este procedimiento baja la resistencia y disminuye la vida útil de los especímenes.



Ilustración 33: Ensayo de Resistencia al deslizamiento y resbalamiento.
Fuente: (Cortabarra , 2016)

Absorción de agua.

Este tipo de material está continuamente sometido a varios cambios climáticos y de temperatura; es por ello, que es necesario que los adoquines de hormigón tengan un porcentaje máximo de absorción individual de 9%. Es necesario mencionar que este valor referencial se determina restando el peso de masa en seco con el peso de masa húmedo.

La finalidad de realizar este ensayo, es observar el efecto de saturación de agua además del resultado terminado del adoquín en seco, este procedimiento simula los días de lluvia y los días soleados, permitiendo conocer cuáles serán las condiciones favorables y desfavorables a las que estarán expuestas luego de ser instalados durante todo el tiempo de vida útil.



Ilustración 34: Ensayo de Absorción de agua.
Fuente: (Cortabarra , 2016)

Ensayo de Impacto.

Los adoquines de hormigón fabricados para ser utilizados como pavimentos deben de estar sometido al ensayo de impacto por caída libre de un objeto, con el objetivo de evaluar el comportamiento de impacto ocasionado por un cuerpo a una altura y peso conocido. Con el fin, de evaluar y observar si se presentan grietas, escamaduras, fisuras o agrietamiento en las piezas ensayadas.



Ilustración 35: Ensayo de Impacto.

Fuente: (Cortabarra , 2016)

Comportamiento frente al fuego.

Los adoquines de hormigón son elementos que tienen la particularidad de no ser combustibles y reaccionan de manera favorable ante el fuego; por lo tanto, no, son inflamables debido a la composición de los materiales. En cuanto a la conductividad térmica son idóneos para ser utilizados como pavimentos puesto que una de sus características de composición actúa como aislante de calor.

2.3. Conceptos Generales.

Mazorca.

Es la espiga formada por grandes granos apretados, ubicadas en la parte superior de la planta de maíz o de otras plantas gramíneas. (Lexico, 2020)

Viruta.

Son pequeños trozos de algún tipo de fibra ya sea de origen natural o sintético las cuales se utiliza en la elaboración de productos ecológicos para la construcción. (Construpedia, 2019)

Contaminación.

Es la acumulación de sustancias tóxicas en el medio ambiente, siendo unos de los problemas más representativos a nivel mundial por lo tanto provoca afectaciones en la salud y el bienestar de la vida animal y vegetal. (Ceuta, 2020)

Desechos.

De manera general son todos los materiales o sustancias que sobran y que ya no tendrá ninguna utilización. (DefiniciónABC, 2020)

Residuos.

A diferencia de los desechos es necesario mencionar que los residuos son restos de materiales que no tienen ningún valor monetario para el propietario; sin embargo, si conserva valor comercial. (Venemecia, 2020)

Renovable.

Es el término que se aplica a aquello que tiene la posibilidad de ser restaurado sin necesidad de ser almacenado. (Venemecia, 2020)

Sustentable.

Proceso que se preserva y protege los recursos naturales sin la necesidad de terminarlos, También no consideran las necesidades económicas, sociales y culturales. (Significados.com, 2016)

Sostenible.

Proceso que trata de satisfacer las necesidades económicas, sociales y culturales. (Significados.com, 2016)

Reciclaje.

Es un proceso en el cual los materiales desechados son recolectados, procesados y transformados en nuevos productos con la finalidad que sean utilizados para un fin determinado. (ConcienciaEco, 2019)

Adoquín.

Un adoquín según Real Academia De Lengua es una “*pedra labrada en forma de prisma rectangular usada para la pavimentación de calles y otros usos*”, además se puede mencionar que son utilizadas como accesorios complementarios para colocarse en espacios destinados al flujo de tránsito peatonal o al tránsito vehicular. (Santafe, 2015)

Prototipo.

Es la fabricación de varias muestras de un producto. Es importante agregar que una vez realizado el proceso de elaboración los ensayos de calidad y de funcionalidad. Como resultado de todos lo mencionado anteriormente se obtiene el producto final el cual cumple con todas las normas y especificaciones requeridas. (Santafe, 2015)

Cemento.

Es un conglomerante hidráulico que posee propiedades y características que permiten adherirse a cualquier otro tipo de material; además contiene componentes como el óxido de calcio, sulfato entre otros, los cuales permiten alcanzar altos niveles de resistencia y son más durables para ser utilizado en las construcciones civiles. (IECA, 2020)

Agregados.

Son partículas de origen natural o artificial, están formados por rocas fragmentadas de Granulometría variable, dando origen a la arena, grava y roca triturada. La Mezcla de estos áridos al ser combinados con agua y cemento forman una pasta cementicia llamada morteros o concretos. (IECA, 2020)

Resistencia.

Es la capacidad que tienen los materiales de construcción de soportar las cargas puntuales o esfuerzos a los que serán sometidas sin sufrir fisuras o roturas. En los adoquines de hormigón la resistencia a la rotura que debe de cumplir no debe ser menor a 2.9 Mpa en piezas individuales. (Pilicita & Segovia, 2015)

Deslizamiento.

Es la capacidad que tiene un adoquín de hormigón para resistir movimientos entre un neumático del vehículo y la cara vista del adoquín. (Pilicita & Segovia, 2015)

Resbalamiento.

Es la capacidad de resistir los movimientos relativos entre el pie de los peatones y la cara vista del adoquín de hormigón. Valor mínimo al resbalamiento será de 45. (Pilicita & Segovia, 2016)

Desgaste.

El desgaste promedio de abrasión será 23 mm y el promedio de pérdida del espesor no debe exceder en 3 mm. (Pilicita & Segovia, 2016)

Abrasión.

Es el desgaste que se forma por la fricción constante que existe entre una cara del adoquín, el flujo de arena y la parte lateral de una superficie metálica. En los adoquines de hormigón la resistencia a la abrasión será inferior o igual a 25mm. (Jiménez, 2019)

2.4. Marco Legal.

2.4.1. Constitución de la República del Ecuador, 2008 aprobada por la Asamblea Constituyente.

Según la Sección octava en el apartado Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales en el artículo 385 dice que:

El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad: Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos. Recuperar, fortalecer y potenciar los saberes ancestrales. Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir. (Constituyente, 2008)

Según el artículo 386 menciona que:

El sistema comprenderá programas, políticas, recursos, acciones, e incorporará a instituciones del Estado, universidades y escuelas politécnicas, institutos de investigación públicos y particulares, empresas públicas y privadas, organismos no gubernamentales y personas naturales o jurídicas, en tanto realizan actividades de

investigación, desarrollo tecnológico, innovación y aquellas ligadas a los saberes ancestrales. (Constituyente, 2008)

Por su parte en el artículo 387 **trata** de que:

Será responsabilidad del Estado: Facilitar e impulsar la incorporación a la sociedad del conocimiento para alcanzar los objetivos del régimen de desarrollo. Promover la generación y producción de conocimiento, fomentar la investigación científica y tecnológica, y potenciar los saberes ancestrales, para así contribuir a la realización del buen vivir, al sumak kawsay. (Constituyente, 2008)

Además de que en el mismo artículo mencionado anteriormente asegura que:

Asegurar La difusión y el acceso a los conocimientos científicos y tecnológicos, el usufructo de sus descubrimientos y hallazgos en el marco de lo establecido en la Constitución y la Ley. Garantizar la libertad de creación e investigación en el marco del respeto a la ética, la naturaleza, el ambiente, y el rescate de los conocimientos ancestrales. Y reconocer la condición de investigador de acuerdo con la Ley. (Constituyente, 2008)

2.4.2. Normas Nacionales.

Como norma Nacional se menciona la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 3040-2016. “Adoquines de hormigón”, aprobada por la Asamblea Constituyente. En el inciso 4. Definiciones. Dice que:

Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones que a continuación se detallan: Adoquín de hormigón. Unidad prefabricada de hormigón, utilizada como parte del pavimento. Accesorio complementario. Unidad, a veces parte de un adoquín y de la misma calidad que éste; utilizado como remate para completar el área del pavimento. (NTE INEN, 2016)

Para el Adoquín permeable se dice que:

Unidad prefabricada de hormigón, diseñada con pasos verticales para permitir el flujo de agua a través de estos o entre adoquines. Ancho total es el lado menor del rectángulo de menor área capaz de abarcar la superficie vista del adoquín, excluyendo cualquier espaciador. Arista es la parte de un adoquín donde se encuentran dos de sus caras. Puede ser viva, biselada, redondeada o achaflanada. (NTE INEN, 2016)

Mientras que la Capa de limpieza según la norma INEN es:

Mortero fino o lechada de cemento aplicado a la superficie del adoquín. La Capa superficial (doble capa) es la Capa de hormigón en la superficie del adoquín de diferentes materiales o propiedades respecto a la estructura principal o capa de apoyo. Y la cara base es la superficie inferior del adoquín, paralela a la cara vista, que está en contacto con el suelo después de su colocación. (NTE INEN, 2016)

Y por último en este capítulo se dice que la Cara lateral ranurada es la cara lateral de un adoquín cuyo perfil tiene acanaladuras. Cara vista es la superficie del adoquín que queda a la vista en condiciones de uso del adoquín. Y la Longitud total es el lado mayor del rectángulo de menor área, capaz de abarcar la superficie vista del adoquín, excluyendo cualquier espaciador. (NTE INEN, 2016)

En el capítulo 5 Requisitos en la sección que menciona las Propiedades físicas y mecánicas en el inciso Generalidades mencionan que:

Los adoquines deben cumplir los siguientes requisitos para ser declarados conformes para el uso por el fabricante. Cuando los accesorios complementarios no puedan ser ensayados de acuerdo con esta norma, se considerarán conformes con ella siempre que se demuestre que el hormigón utilizado en su fabricación tiene la misma calidad que el empleado en adoquines que cumplan con esta norma. (NTE INEN, 2016)

Mientras que en la sección de elaboración de ensayos menciona los métodos y características que se debe cumplir. “Resistencia climática por absorción total de agua. La resistencia climática se determina mediante el ensayo de absorción total de agua, de acuerdo con el anexo D. Características, los adoquines deben cumplir con un índice de absorción inferior o igual a 6 %” (NTE INEN, 2016).

El ensayo de Resistencia a la rotura por tracción indirecta según las especificaciones técnicas menciona que:

La resistencia a la rotura (T), se debe determinar mediante el ensayo de tracción indirecta descrito en el anexo E. Características, la resistencia característica a la

tracción indirecta (T) debe ser superior o igual a 3,6 MPa. Ningún valor individual debe ser inferior a 2,9 MPa ni tener una carga de tracción indirecta por unidad de longitud (F) inferior a 250 N/mm. (NTE INEN, 2016)

Otro ensayo que se debe realizar es el de “Durabilidad de la resistencia. En condiciones normales de uso, los adoquines prefabricados de hormigón mantendrán una resistencia satisfactoria siempre y cuando cumplan con lo establecido y estén sometidos a un mantenimiento normal” (NTE INEN, 2016).

Mientras que el de Resistencia al desgaste por abrasión. La resistencia al desgaste por abrasión se determina mediante el ensayo de la rueda ancha, conforme se detalla en el anexo F. Características, “el requisito para la resistencia al desgaste por abrasión es que la longitud de cuerda de la huella creada por la rueda ancha sea menor o igual a 25 mm” (NTE INEN, 2016).

En el ensayo de “Resistencia al deslizamiento/resbalamiento, debe cumplir la condición de resistir satisfactoriamente al deslizamiento/resbalamiento siempre y cuando la totalidad de su cara vista no haya sido pulida para producir una superficie muy lisa”. “Si en algún caso excepcional se requiere un valor de resistencia al deslizamiento/resbalamiento debe emplearse el método de ensayo del péndulo de fricción descrito en el anexo G, y se declarará el valor mínimo de resistencia al deslizamiento/resbalamiento” (NTE INEN, 2016).

Además, menciona que “Si la superficie de un adoquín contiene rugosidades, ranuras, surcos u otras características superficiales que impidan su ensayo por el método del péndulo de fricción, se considera que el producto satisface los requisitos establecidos por esta norma sin ser ensayado” (NTE INEN, 2016). “Cuando el adoquín sea demasiado pequeño para facilitar un área de ensayo, el fabricante debe ensayar un adoquín de mayor tamaño que tenga las mismas características superficiales que el adoquín en cuestión” (NTE INEN, 2016).

Mientras que para el ensayo de “Durabilidad de la resistencia al deslizamiento/resbalamiento” dice que “En condiciones normales de uso, los adoquines prefabricados de hormigón tienen una satisfactoria durabilidad de la resistencia al deslizamiento/resbalamiento durante la vida útil del producto siempre y cuando estén sometidos a un mantenimiento normal” (NTE INEN, 2016).

2.4.3. Normas Internacionales.

Como norma internacional se toma de referencia la Norma Técnica Guatemalteca Coguanor NTG 41087-2012. “Métodos de ensayos. Determinación de la resistencia al desgaste por abrasión de adoquines de concreto”.

En el inciso 5. Preparación del espécimen. Dice que el espécimen de ensayo debe ser una unidad completa, o un trozo de unidad, pueden ser nuevos o extraídos de un piso o pavimento existente, producto de uno varios cortes, siempre y cuando incorporen la parte superior del material (cara de desgaste), con una dimensión mínima de 100 mm x 70 mm. (NTG, 2012.)

En el literal 5.2 se menciona que

La cara superior del espécimen (cara de desgaste), que es la que se ensaya al desgaste, debe ser plana, con una tolerancia de ± 1 mm, en dos direcciones perpendiculares, medida sobre, al menos, 70 mm. La tolerancia de planicidad se debe determinar mediante una regla recta y laminillas calibradas (galgas) de acero de 1 mm. (NTG, 2012.)

Dentro del literal 5.3 la norma menciona que:

Si la cara superior presenta una textura rugosa o está por fuera de las tolerancias descritas en el apartado 5.2, se debe pulir, hasta alcanzar la tolerancia requerida”. Y en el literal 5.4 dice que “En el caso de que el material a ensayar tenga alivio o texturas muy pronunciadas, debe cortar la superficie hasta lograr la tolerancia indicada anteriormente. (NTG, 2012.)

En el literal 5.5 detalla que:

El espécimen de ensayo debe de estar limpio y seco. Su superficie se debe limpiar con una brocha, justo antes del ensayo, y se debe manchar el área de ensayo con un tinte superficial delgado, de base acuosa o alcohol, por ejemplo, un marcador de punta suave y gruesa, o un spray de un color contrastante con el espécimen, para facilitar la configuración de la huella. (NTG, 2012.)

En el literal 5.6 especifica que “El espécimen se debe fijar firmemente al carro porta especímenes, y se debe verificar su alineación y la libertad de desplazamiento del carro” (NTG, 2012.).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Metodología.

Según Hernández, Fernández, & Baptista (2012), el método inductivo es aquel en que los “investigadores parten de hechos particulares o concretos para llegar a una conclusión general”. Mientras que el deductivo es aquel en que los “investigadores parten de proposiciones generales a más universales para llegar a una afirmación particular”. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2012).

Es por ello que en este proyecto la metodología a aplicar de acuerdo al modelo de investigación es el método inductivo y deductivo, ya que se experimenta con las dosificaciones de los materiales para luego realizar los respectivos ensayos y comprobar los valores de las resistencias que se obtienen para el uso que se les dé a los adoquines de hormigón ya sea para el flujo de tránsito peatonal o para el vehicular. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2012).

3.2. Tipo de Investigación.

Según Hernández, Fernández, & Baptista (2012), una Investigación Experimental es aquella donde se manipulan de manera intencional una o más variables independientes (causa) para analizar la manipulación de una o más variables dependientes (efecto)”. Mientras que una Investigación Descriptiva “busca especificar propiedades, características rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2012)

Según el concepto descrito por los autores del libro “*Metodología de la Investigación*” de la Sexta Edición publicada en el año 2014. Mediante la experimentación, se observa la propuesta de elaborar un prototipo de adoquín de hormigón con adición de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz; con el objetivo de obtener las dosificaciones con las que se fabrican los prototipos para establecer las resistencias mediante ensayos manuales y de laboratorio. Además de generar tablas que relacionen las diferencias que existen entre un adoquín tradicional y uno experimental. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2012).

3.3. Enfoque de la investigación.

El presente trabajo de investigación pertenece al enfoque cuantitativo ya que indica que *“se utiliza la recolección de datos para comprobar la hipótesis planteada determinando las características de las variables porque se recogen datos numéricos”*, con la finalidad de establecer y demostrar el comportamiento de las muestras ensayadas mediante varios procesos de elaboración. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2012).

Ya determinada la formulación del problema, planteados los objetivos, establecida la hipótesis y obtenidas las variables se sigue la respectiva línea de investigación para tener como conclusión que el enfoque de esta investigación es cuantitativo con la finalidad de analizar los resultados a través de información numérica específica para cuantificar, reportar y medir las características y necesidades de las variables.

Una vez establecidos los parámetros mencionados anteriormente se procede a realizar el proceso de fabricación de los prototipos de adoquines; en el cual, se experimentan en las dosificaciones de los materiales y de la cantidad de la viruta de la hoja de maíz. Además de explorar en las técnicas y procesos innovadores para poder describir cada uno de los ensayos realizados.

3.4. Técnicas e instrumento.

3.4.1. Técnica

En este proyecto de investigación después de realizar el proceso de elaboración de los prototipos de adoquín con la adición de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz se utilizan técnicas las cuales deben seguir los parámetros y especificaciones técnicas que indica la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 3040-2016. “Adoquines de hormigón”

- Resistencia a la compresión y rotura.
- Absorción de agua.

3.4.2. Instrumento.

Dentro de este trabajo de investigación los instrumentos que se van a utilizar para obtener los resultados de los ensayos mencionados anteriormente son:

- Máquina Universal. (Resistencia a la compresión y rotura)
- Recipiente con agua. (Absorción de agua)

Confiabilidad.

La confiabilidad según los autores del libro titulado Metodología de la Investigación es el “*Grado en que el instrumento produce resultados consistentes y coherentes*” es decir, que todos los ensayos de calidad serán realizados en máquinas totalmente calibradas y equipos diseñados de manera eficaz los datos obtenidos son totalmente confiables y garantizan la veracidad de los resultados. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2012).

En este proyecto de investigación se realizan los ensayos de calidad en el laboratorio de la empresa GEOCIMENTOS S.A. ubicada en la ciudad de Guayaquil, cabe mencionar que cuenta con todas las maquinarias están debidamente calibradas y en excelente funcionamiento contando con todos los certificados y permisos con la finalidad de brindar resultados exactos.

Validez.

La Validez según los autores es el “Grado en que un instrumento mide las variables que se busca medir”. Al igual que la confiabilidad, la validez es un instrumento de recolección de datos que garantiza la total eficacia de los resultados realizado durante los ensayos. Cabe mencionar que son supervisados por la empresa mencionada anteriormente. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2012).

3.5. Población.

Según Hernández, Fernández y Batista una población es “*el conjunto de individuos que poseen características comunes*”, es decir que la siguiente investigación se tomará como población a un conjunto de prototipos de adoquín tradicionales y por otro lado se tiene los 48 adoquines con adición de la viruta de la hoja de la mazorca del maíz, especificando la resistencia de cada uno. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2012).

Es decir, que para un diseño de resistencia a la compresión de $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$, se realizaron 24 especímenes de adoquines los mismos que están divididos para 4 dosificaciones distintas. Siendo utilizados 3 muestras para el ensayo de resistencia a la compresión a los 7, 14, y 28 días después de ser elaboradas; así mismo se utilizó una muestra distinta para los ensayos de absorción de agua.

De la misma manera se realizó un diseño de resistencia a la compresión de $f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$, se realizaron 24 especímenes de adoquines los mismos que están divididos para 4 dosificaciones distintas. Siendo utilizados 3 muestras para el ensayo de resistencia a la compresión a los 7, 14, y 28 días después de ser elaboradas; así mismo se utilizó una muestra distinta para los ensayos de absorción de agua.

3.6. Muestra

Según Hernández, Fernández y Batista la muestra es el “*Subgrupo de la población del cual se recolectan los datos*”; es decir, que esta investigación está definida en un número seleccionado y determinado de adoquines de hormigón con adición de la viruta de la hoja de la mazorca del maíz con diferentes dosificaciones (Hernández, Fernández, & Baptista, 2012).

Una vez determinada la población se procede a delimitar la muestra en la cual los autores concluyeron que, al ser la población pequeña, la muestra será finita, tomando como cantidad de análisis un total de 48 adoquines para ser estudiados. Los mismos estarán divididos en dos diseños de resistencia cada uno tendrá 4 diferentes dosificaciones donde están divididas 3 para el ensayo de Resistencia a la compresión y rotura, 1 para para Absorción de agua.

3.7. Recolección de Datos.

3.7.1. Esquema de extracción de la viruta.

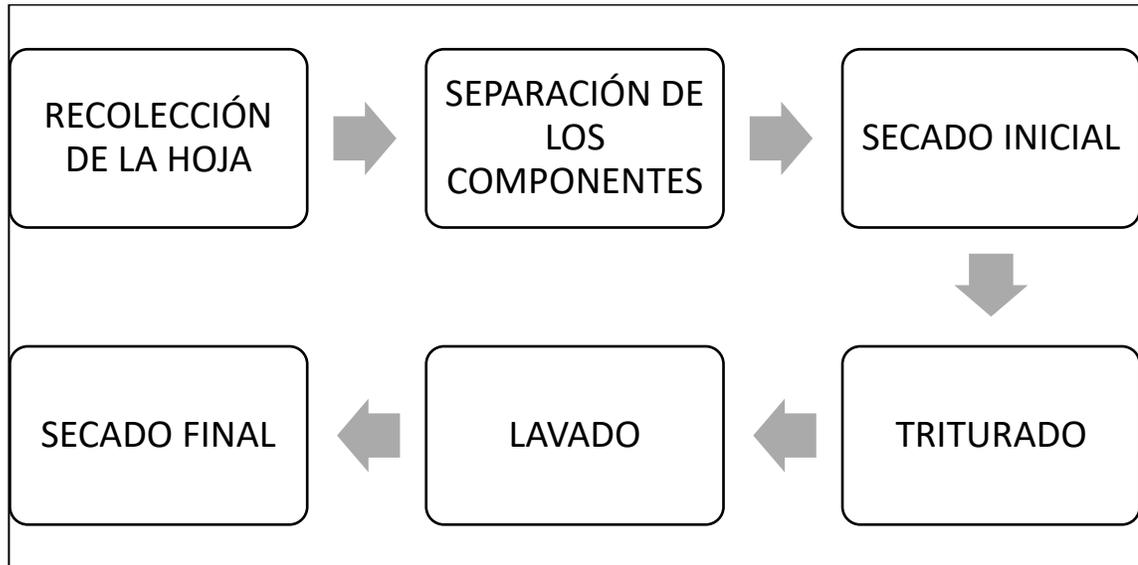


Ilustración 36: Esquema de extracción de la viruta.

Elaborado por: Varas, J. (2021)

3.7.2. Proceso de producción de los prototipos.

Recolección de la materia prima.

La recolección de las mazorcas de maíz se la realizo en la hacienda La Esperanza, ubicada en el cantón Quevedo en la provincia de Los Ríos. Para empezar el proceso de extracción de la viruta, primero se realiza la separación de la mazorca, la espiga y las hojas del choclo, observando cuidadosamente que cada unidad no presente hongos o plagas. Una vez separadas las hojas se colocan al sol por 72 horas para poder retirar toda la humedad que contenga.

Una vez finalizado el tiempo de secado al sol se procede colocar las hojas en un triturador hasta obtener la viruta deseada. Para final el proceso de obtención de la fibra se lava la viruta con suficiente agua hasta quitar todas las impurezas que contengan por último se las ubica en el sol sobre un plástico negro durante 24 horas logrando así estar óptima para ser utilizada en el proceso de elaboración de los adoquines.

Tabla 5: Proceso de extracción de la viruta.

PROCESO DE EXTRACCIÓN DE LA VIRUTA	ILUSTRACIÓN
Separación de los componentes	
Secado al sol por 72 horas	
Trituración de las hojas	
Lavado de la viruta	
Fibra final	

Elaborado por: Varas, J. (2021)

3.7.3. Fabricación de los prototipos de adoquines.

Para realizar la experimentación de este proyecto es necesario mencionar que se va a seguir las especificaciones y normas técnica elaborada por la Norma NTE INEN Adoquines de hormigón 3040 2016. Se realizan como ya se mencionó anteriormente 2 diseños de resistencia cada uno con 4 dosificaciones en total 48 adoquines para ser estudiados. Con la finalidad de obtener el comportamiento de adherencia de la viruta en el proceso de elaboración de los adoquines.

Además de conocer los valores exactos del comportamiento mecánico en cada uno de los ensayos de laboratorio como los de resistencia a compresión, rotura, resistencia al desgaste por abrasión y absorción de agua. Una vez descritos los resultados se realizan tablas comparativas de las diferentes características que existen entre un adoquín tradicional y uno ecológico.

Para empezar, es necesario mencionar que la fabricación de los adoquines se realizó en el taller artesanal MEGACALIZAS TSA ubicada en el km 19.5 vía a la costa. Cabe decir que los materiales que se usan dentro del proceso de elaboración de las muestras son extraídos de la cantera San Luis Ubicada en la Avenida del Bombero Km 10.5 vía a la costa.

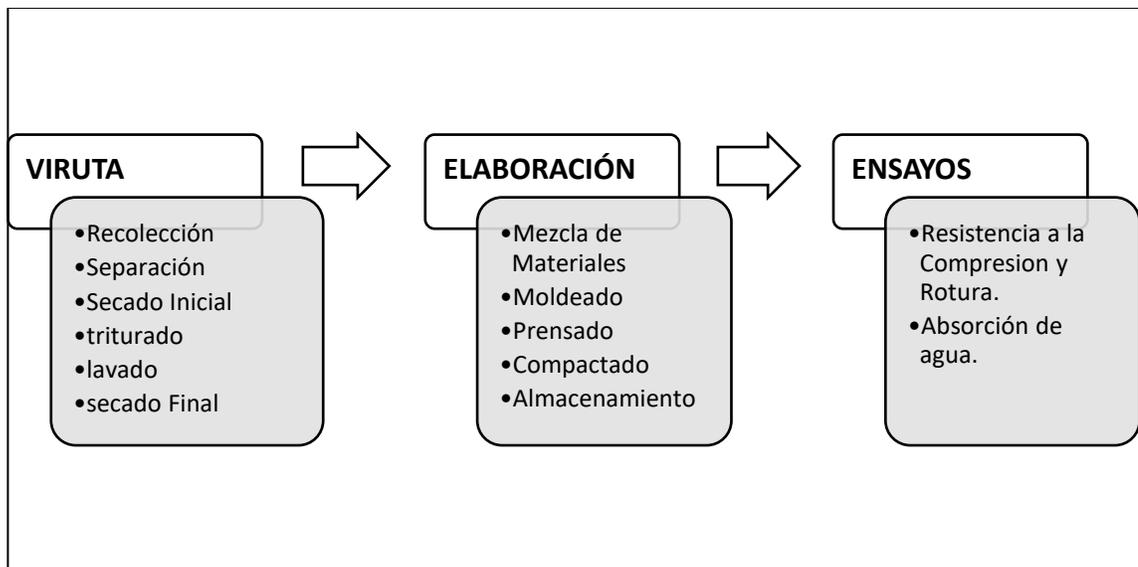


Ilustración 37:Esquema de Fabricación de los prototipos de adoquines.
Elaborado por: Varas, J. (2021)

3.7.4. Preparación de la mezcla.

Durante la preparación de la mezcla primero se seleccionaron los materiales idóneos para ser utilizados durante el proceso de elaboración, la Viruta de la hoja de la mazorca de maíz, arena, cemento Holcim y el agua no deben contener impurezas con la finalidad de los agregados puedan adherirse sin ningún inconveniente evitando que el producto final presente inconveniente.

Una vez establecidas las dosificaciones de cada uno de los materiales se procede a colocar los materiales en el cajón para proceder a revolver de manera envolvente durante el tiempo que sea necesario con la finalidad de que los materiales estén completamente

mezclados. Cabe mencionar que una forma de verificar si la mezcla está en óptimas condiciones es cuando la misma no contenga grumos y esté completamente suelta.



Ilustración 38: Mezcla de materiales.
Elaborado por: Varas, J. (2021)

3.7.5. Moldeado, Prensado, Compactado y Almacenamiento.

Una vez obtenida la mezcla se realiza el moldeado que consiste en verter la mezcla suelta en el marco de adoquín para luego vibrarlo, esta acción se realiza con la finalidad de eliminar el aire y los vacíos que pueda contener la mezcla; finalmente compactarlo para luego trasladarlo a un lugar nivelado donde pueda recibir el curado hasta que alcance la resistencia necesaria para realizar los ensayos.



Ilustración 39: Moldeado.
Elaborado por: Varas, J. (2021)

Es decir, primero se llena uniformemente el molde con la mezcla suelta hasta el nivel superior del marco del adoquín, cuidando que no existan vacíos después con una regla de metálica se nivela y se retiran los excesos de material. Luego se coloca el tapón en el

marco y se presiona a fin de que la mezcla se vaya compactado para luego volver a llenar el molde.



Ilustración 40: Compactado.
Elaborado por: Varas, J. (2021)

Es necesario mencionar que se debe realizar el procedimiento mencionado anteriormente las veces que sean necesarias hasta que la mezcla compactada este al nivel del marco de adoquín. Para terminar el proceso de elaboración de las muestras es necesario que el molde compactado es trasladado hacia la prensa hidráulica donde recibirá el compactado final con una fuerza de compresión de 2000 PSI.



Ilustración 41: Prensado.
Elaborado por: Varas, J. (2021)

Ya terminado el proceso de compactación se realiza el almacenamiento el cual consiste en colocar las muestras en un lugar protegidos del agua, sol y vientos, preferiblemente

tapados con plásticos durante los días que sean necesarios antes de realizarle los ensayos de resistencia que por lo general es a los 7, 14 y 21 días.



Ilustración 42: Almacenado.

Elaborado por: Varas, J. (2021)

3.7.6. Dosificación de los prototipos.

Se realizaron 2 diseños de resistencia ($f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ y $f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$), a 4 dosificaciones distintas con 3 muestras en total 24 prototipos de adoquines con viruta de la hoja de maíz por dosificación dando un total de 48 muestras, los cuales durante todo el proceso muestran diferentes pesos, características visuales, así como también distintos resultados en los ensayos que se realizaran en el laboratorio.

Cabe mencionar que estos valores son para elaborar 60 unidades de adoquines con una resistencia de 250 kg/cm^2 y 50 unidades para la fabricación de adoquines con resistencia de 300 kg/cm^2 . A continuación se presenta una tabla donde se detallan las cantidades de los componentes que tendrá cada dosificación según la resistencia.

Tabla 6: Dosificación de los Prototipos Resistencia 250 kg/cm^2 .

Resistencia 250 kg/cm^2				
Cantidad M2	60U			
Peso por Unidad	1.30 Kg			
	Cemento	Arena Volcánica	Agua	Residuo del maíz
Dosificación 1	1	2,5	0,5	0,06%
	50 kg	0.055 M3	0,50 L	0,06%
Dosificación 2	1	3,5	0,75	0,10%
	50 kg	0.077 M3	0,75 L	0,10%
Dosificación 3	1,5	4	1	0,15%
	75 kg	0.088 M3	1,00 L	0,15%
Dosificación 4	1	3	0,75	0,07%
	50 kg	0.066 M3	0,75 L	0,07%

Elaborado por: Varas, J. (2021)

Tabla 7: Dosificación de los Prototipos Resistencia 300kg/cm2.

Resistencia 300 kg/cm2				
Cantidad M2	50U			
Peso	1.30 Kg			
	Cemento	Arena Volcánica	Agua	Residuo del maíz
Dosificación 1	1	3	0,5	0,08%
	50 kg	0.066 M3	0,50 L	0,08%
Dosificación 2	1	4	0,75	0,20%
	50 kg	0.088 M3	0,75 L	0,20%
Dosificación 3	1,5	3,5	1	0,10%
	75 kg	0.077 M3	1,00 L	0,10%
Dosificación 4	1	2	0,5	0,15%
	50 kg	0.044 M3	0,50 L	0,15%

Elaborado por: Varas, J. (2021)

3.7.7. Proceso de Ensayos de Calidad.

Una vez finalizado el proceso de fabricación y terminado el tiempo de almacenamiento, donde las muestras adquieren la resistencia indicada, se realizan los ensayos de calidad. Como consecuencia de la adición de la viruta de la hoja del maíz se observa que de los 48 adoquines elaborados y divididos en dos resistencias se determinó mediante inspección visual que los 24 especímenes de la resistencia de 250 kg/cm2 son los idóneos para realizar los ensayos en el laboratorio de GEOCIMENTOS S.A. ubicada en la ciudad de Guayaquil.

Durante la realización del ensayo de Resistencia a la compresión y rotura, se siguió las especificaciones y recomendaciones de la Norma INEN 1485 “*Adoquines. Determinación de la Resistencia a la compresión*”; así mismo durante la realización del ensayo de absorción se adoptaron las especificaciones de la Norma INEN 3040 2016 “*Adoquín de Hormigón. Requisitos y Métodos de ensayos*”

CAPITULO IV

INFORME FINAL

4.1. Origen de Informe.

Con la finalidad de desarrollar este proyecto durante el diseño de investigación (Capítulo I), se plantearon varios objetivos con la finalidad de demostrarlos y cumplir durante todo el proceso de experimentación. A continuación, se detallan cada uno los objetivos y de la hipótesis planteada para desarrollar el Informe Final.

- Identificar las características físicas de la hoja del maíz.
- Definir la dosificación adecuada de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz para elaborar un adoquín de hormigón.
- Determinar el comportamiento mecánico del adoquín de hormigón con adición de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz.
- La adición de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz mejorará la resistencia a la compresión y rotura con respecto al adoquín tradicional.

4.2. Detalles del Informe.

Para la fabricación de un prototipo de adoquín con residuos de la hoja de la mazorca de maíz, es necesario establecer la cantidad de los materiales que se utilizan dentro de la fabricación de la muestra, como la fibra, cemento, arena y la cantidad del agua.

Es preciso mencionar que una vez obtenida la dosificación se realizan ensayos de calidad que permiten establecer si el prototipo es factible para ser utilizado como pavimento (piso), especificando varias características como el uso, tipo, dimensiones y resistencia.

4.3. Resultados Obtenidos.

Una vez recabada toda la información generada durante el proceso de extracción de la materia prima, el proceso de producción de los prototipos de adoquines y la realización de los ensayos de calidad, a continuación, se procede a detallar cada uno de los resultados obtenidos durante cada proceso. Además, también se realiza un análisis comparativo entre un adoquín elaborado con materiales tradicionales y un adoquín fabricado con adición de la viruta de la mazorca de la hoja de maíz.



Ilustración 43: Adoquín Ecológico.
Elaborado por: Varas, J. (2021)

4.4. Características físicas de la hoja del maíz.

Finalizado el proceso de extracción de la viruta de la mazorca de la hoja de maíz, (recolección, separación, lavado, triturado y secado), y de acuerdo con el planteamiento del objetivo específico número 1, las observaciones registraron que las características más relevantes de la viruta es el tamaño, color y aspecto. En la siguiente tabla se muestran las significativas particularidades que mostraron al finalizar cada uno de los procesos.

Tabla 8: Características Físicas de viruta.

CARACTERÍSTICAS	OBSERVACIONES
Tamaño	20 a 30 mm
Color	Crema claro
Aspecto	Liviano y resistente.

Elaborado por: Varas, J. (2021)



Ilustración 44: Viruta de la Hoja del Maíz.
Elaborado por: Varas, J. (2021)

4.5. Elaboración de los prototipos.

Según el segundo objetivo específico dos el cual indica que se debe definir la dosificación adecuada de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz para elaborar un adoquín de hormigón. Se realizaron varias experimentaciones con relación a la dosificación de cada uno de los materiales que componen un adoquín de hormigón. Es por ello que durante la culminación de la fabricación mediante la observación se demostró que 4 dosificaciones cumplieron con los aspectos visuales indicados en la norma INEN 3040 2016.

Los valores de cada dosificación de los prototipos de adoquín con adición de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz, fueron diseñados con referencia a los valores establecidos por el taller artesanal MEGACALIZAS TSA. Además, de que durante todo el proceso de fabricación los valores y resultados fue supervisado por un colaborador experimentado en esa área.

Es necesario indicar que una vez concluido con el proceso de elaboración de los adoquines se evidencia que ninguno de los prototipos de la dosificación con componentes para resistencia de 300 kg/cm², fraguaron; debido a que en unos casos el producto final no alcanzó la adherencia necesaria para que la pieza permanezca completa; así mismo en otras muestras la consistencia de la masa fue muy blanda. Motivo por el cual esta resistencia queda totalmente descartada para realizar los análisis de los resultados en los ensayos de calidad.

4.5.1. Prototipo1.

Tabla 9: Dosificación prototipo 1.

CEMENTO	ARENA	AGUA	RESIDUO DEL MAÍZ	Peso
600g	450g	400 ml	760 g	1532,5 g.

Elaborado por: Varas, J. (2021)

Después de haber finalizado la fabricación del prototipo 1, se observó que debido a la composición de los materiales (cemento y agua), la cantidad de la viruta de la hoja de la mazorca del maíz y por la poca cantidad de arena volcánica en el proceso de elaboración el espécimen no fraguó completamente al instante de desmoldar. Sin embargo, con el

pasar de los días alcanzó el fraguado necesario resultando un prototipo con la pasta floja quedando así descartado completamente.



Ilustración 45: Prototipo 1.
Elaborado por: Varas, J. (2021)

4.5.2. Prototipo 2.

Tabla 10: Dosificación prototipo 2.

Cemento	Arena	Agua	Residuo del maíz	Peso
450 g	800 g	150 ml	500 g	1276,5 g.

Elaborado por: Varas, J. (2021)

Al igual que el adoquín anterior el prototipo N.º 2 presento problemas una vez finalizado el proceso de fabricación, es decir que durante la mezcla de materiales la pasta resulto de aspecto seco, poca consistencia y con ausencia de adherencia entre los materiales. Durante el tiempo de fraguado, desmolde y almacenamiento los especímenes tienden a desintegrarse por el contacto o choque entre muestras.

Es inconveniente acotar que este inconveniente se presenta debido al bajo volumen de agua y la poca cantidad de cemento que se utilizan en el proceso de experimentación de la dosificación de las muestras. Además de que al aumentar la cantidad de arena volcánica los adoquines presentan fisuras y descamaciones.



Ilustración 46: Prototipo 2.
Elaborado por: Varas, J. (2021)

4.5.3. Prototipo 3

Tabla 11: Dosificación prototipo 3.

Cemento	Arena	Agua	Residuo del maíz	Peso
700 g	500 g	200 ml	400 g	1204,0 g.

Elaborado por: Varas, J. (2021)

A diferencia de la dosificación del prototipo uno y dos durante el desmolde y el almacenamiento estas muestras no presentaron inconvenientes de fraguado. Sin embargo, al aumentar la cantidad de arena los adoquines presentan oquedades y porosidades. Este inconveniente acotar que este inconveniente se presenta debido a la falta de cantidad de arena volcánica y a la cantidad de fibra que se coloca durante el proceso de experimentación de la dosificación de las muestras.



Ilustración 47: Prototipo 3.
Elaborado por: Varas, J. (2021)

4.5.4. Prototipo 4.

Tabla 12: Dosificación prototipo 4.

Cemento	Arena	Agua	Residuo del maíz	Peso
700 g.	600 g.	250 ml.	200 g.	1305,5 g

Elaborado por: Varas, J. (2021)

Una vez finalizado con el proceso de extracción y conociendo las características físicas de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz; después de realizar el proceso de fabricación y experimentar con varias dosificaciones se puede determinar que la dosificación número cuatro es la idónea para realizarle los ensayos correspondientes para luego realizar un análisis comparativo con un adoquín tradicional.

Cabe mencionar, que al finalizar todos los procesos de fabricación las muestras de este prototipo presentaron características satisfactorias como excelente consistencia en la pasta, buena adherencia de los materiales, máximo fraguado durante el desmolde; además de tener buena apariencia física y excelente forma y contiene menor peso de masa que un adoquín tradicional. Es por ello, que se toma como referencia las muestras de este prototipo para realizarle los ensayos de calidad.



Ilustración 48: Prototipo 4.

Elaborado por: Varas, J. (2021)

4.6. Resultados de ensayos de calidad de los prototipos.

Para cumplir con el tercer objetivo específico que indica que se debe determinar el comportamiento mecánico del adoquín de hormigón con adición de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz, se deben realizar dos ensayos de calidad los cuales permiten saber el porcentaje del índice de absorción mínima de agua que debe cumplir; así mismo, la carga máxima y la resistencia mínima que soporta un adoquín antes de romperse.



Ilustración 49: Ensayos de calidad.
Elaborado por: Varas, J. (2021)

4.6.1. Ensayo de absorción de agua.

Para realizar el ensayo de absorción de agua se adoptaron las especificaciones de la Norma INEN 3040 2016 “Adoquín de Hormigón. Requisitos y Métodos de ensayos”, además se tomaron las muestras de la dosificación 2, 3 y 4, las mismas que durante las pruebas presentaron distintos valores de peso de masa y del índice de Absorción. Cabe mencionar, que no se consideraron los especímenes de las dosificaciones debido a que no fraguaron completamente.

Tabla 13: Resultados del ensayo de absorción de agua.

DOSIFICACIÓN	PESO NATURAL (g)	PESO SATURADO (g)	PESO SECO (g)	Abs %
2	1276,5	1384,5	1243,1	11,37
3	1204,0	1329,0	1163,0	14,09
4	1325,5	1381,5	1302,2	6,08

Elaborado por: Varas, J. (2021)

En la tabla anterior se observan los valores obtenidos durante la realización de los ensayos, es preciso acotar que las muestras de las dosificaciones 2 y 3, el porcentaje del índice de absorción está por encima de los valores estándares que debe de tener los especímenes durante la prueba. Este inconveniente se debe a la falta de arena volcánica por ende la presencia de vacíos o de porosidad del mismo material permite que la absorción del agua se exceda.



Ilustración 50: proceso del ensayo de absorción de agua.

Elaborado por: Varas, J. (2021)

Mientras que para las muestras del prototipo 4, los resultados que determino la prueba favorecen al proceso de producción, debido a que durante el cálculo matemático el índice de absorción está en los estándares permitidos que indica la norma INEN 3040 – 2016.



Ilustración 51: Ensayo de absorción.

Elaborado por: Varas, J. (2021)

4.6.2. Ensayo de resistencia a la compresión y rotura.

Una vez finalizado y obtenidos los resultados de las 3 muestras, durante el ensayo de absorción, se determinó que la dosificación 3, supera el índice de permeabilidad establecido por la norma mencionada anteriormente. Es decir que, a estas muestras, se le aplicará una fuerza que permite establece la carga y el esfuerzo que soporta antes de romperse.

Es por ello, que al realizar el ensayo a 3 muestras de la dosificación 3 en diferentes días de edad, se estableció que la carga máxima admisible variaba dependiendo de la edad. Cabe mencionar que mientras más transcurrían los días, mayor, es la carga y el esfuerzo de resistencia. En la siguiente tabla se muestran los valores resultantes del ensayo según los días de edad.

Tabla 14. Ensayo de resistencia del prototipo 4.

Muestra No.	Ancho mm	Longitud mm	Peso kg	Espesor mm	Fecha de toma	Fecha de rotura	Edad (Días)	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²
1	202	98,4	1,119	79.9	1/7/2021	8/7/2021	7	32250	161,62
2	203	98,8	1,178	65.3	1/7/2021	15/7/2021	14	38764	193,15
3	200	100,2	1,3	80.2	1/7/2021	29/7/2021	28	49940	250,25

Elaborado por: Varas, J. (2021)



Ilustración 52: Ensayo de Resistencia a la Compresión y rotura.

Elaborado por: Varas, J. (2021)

De acuerdo con los resultados obtenidos en la siguiente tabla se mencionan las observaciones que se presentaron una vez finalizado cada proceso o cada ensayo realizados según la dosificación.

Tabla 15: Resultados Obtenidos.

DOSIFICACIÓN	OBSERVACIONES
1	No fraguo.
2	Presentaron fisuras y descamaciones luego del desmolde.
3	Buena apariencia no paso el ensayo de absorción.
4	Buena apariencia pasó los ensayos de calidad.



Elaborado por: Varas, J. (2021)

4.7. Análisis comparativo de los Resultados.

Una vez identificadas las características físicas de la hoja del maíz, definida la dosificación idónea y determinado, mediante los ensayos de calidad, el comportamiento mecánico se establece la forma y espesor de un prototipo de adoquín de hormigón con adición de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz, se realiza un análisis comparativo de las diferencias y semejanzas que existen entre los adoquines que se comercializan como materiales de construcción.

En este sentido se obtuvo un adoquín de forma rectangular con dimensiones de 20cm de largo, 10 cm de ancho con un espesor de 8cm; además que de acuerdo a su uso y diseño es Tipo A con capacidad para tránsito peatonal con resistencia de 24,54 Mpa (250,25kg/cm²), índice de absorción de 6,8 % y peso de 1,3 kg. Mientras que un adoquín tradicional de las mismas características en cuanto a su forma, uso, capacidad y diseño los valores establecidos por la norma son de 24,50 Mpa. (250kg/cm²) para la resistencia, índice de absorción de 7% y peso de 3,5 kg

4.7.1. Resultados de los prototipos.

En la siguiente ilustración se realiza un análisis comparativo en cuanto a la cantidad de fibra que se le adiciona a las distintas dosificaciones, en las que se evidencia que al colocarle mayor cantidad de fibra a las muestras menor es la capacidad de adherencia de los materiales. Es decir, que según los resultados obtenidos para obtener una mezcla de materiales adecuada es importante diseñar una dosificación con pequeñas cantidades de fibra.

Es necesario señalar que de las dosificaciones realizadas se determinó de acuerdo a la cantidad de fibra adicionada que para los prototipos 1, de acuerdo a los resultados obtenidos se descarta. Debido a que el contener mayor cantidad de fibra, las mismas quedaron expuestas ocasionando que con el pasar del tiempo al tener contacto con el aire ocasionen que el material se degrade.

De la misma forma la dosificación 2, queda descartada ya que al terminar el proceso de fabricación presentaron fisuras y descamaciones; debido a la poca cantidad de cemento y de agua con la que fueron elaboradas, haciendo que los materiales se desintegren luego del fraguado. Mientras que para la dosificación 3 y 4 al disminuir la cantidad de la viruta presentaron buena apariencia en cuanto a su forma y dimensión.

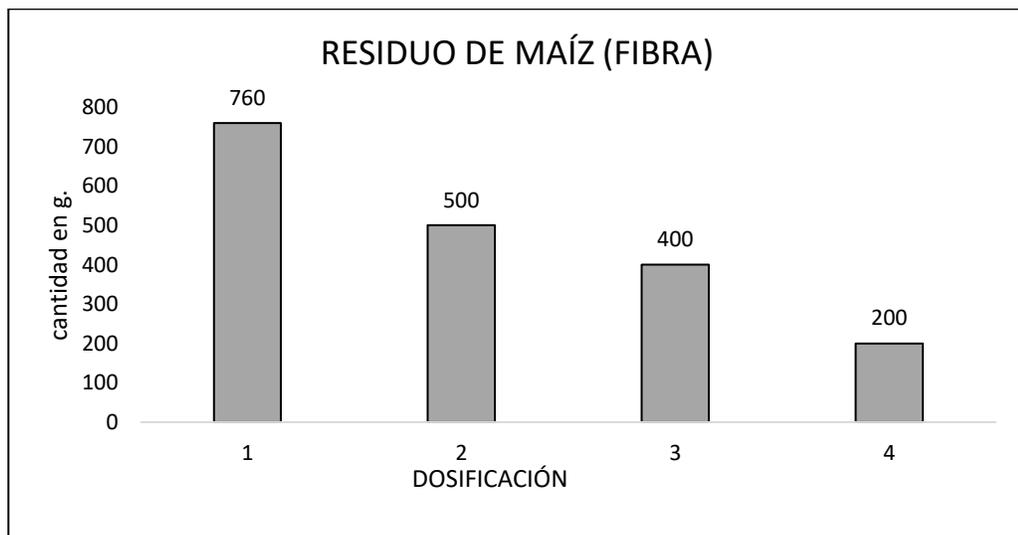


Ilustración 53: Cantidad de Fibra en los Prototipos.

Elaborado por: Varas, J. (2021)

Con respecto al ensayo de peso de masa se acota que las cuatro dosificaciones mostraron que a medida que se iba disminuyendo la cantidad de fibra, menor era el peso que presentaban es decir que a la dosificación a la que se le colocó mayor cantidad de

fibra 760g el peso fue de 1532 g, mientras que para la muestra de la dosificación 4 se le adicionó 200 g., de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz dando un peso de 1302 g.

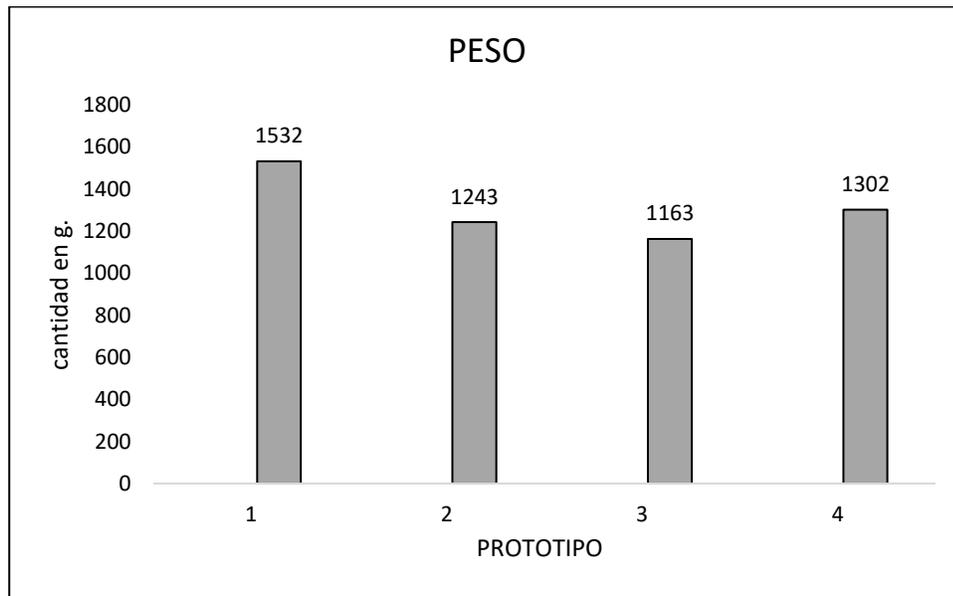


Ilustración 54: Peso de los Prototipos.

Elaborado por: Varas, J. (2021)

4.7.2. Ensayos de calidad.

Durante el análisis comparativo de resultados en el ensayo de resistencia a la absorción se presentaron varias observaciones, las cuales se detallan a continuación. La dosificación 1 es descartada por motivos de adherencia de los materiales; es decir, que durante la mezcla de materiales se añadió poca cantidad de arena y se aumentó la cantidad del cemento y el agua.

Para la dosificación 2 el índice de absorción es de 11,37% superando el valor establecido por la norma, al añadir poca agua y menor cantidad de cemento durante el fraguado los prototipos tienden a desintegrarse. Cabe mencionar que de las muestras fabricadas se escogió la más adecuada para realizarle la prueba. Para la dosificación 3 el índice es mayor que la muestra anterior debido a la falta de arena volcánica y a la relación de vacíos que existe en la muestra ensayada.

Mientras que la dosificación 4 demostró que al realizar el ensayo de absorción el valor de resistencia es menor al máximo admisible de la norma (7%), dando un 6% índice de

absorción. Motivo por el cual esta dosificación es la idónea para realizarle en ensayo de resistencia a la compresión y rotura.

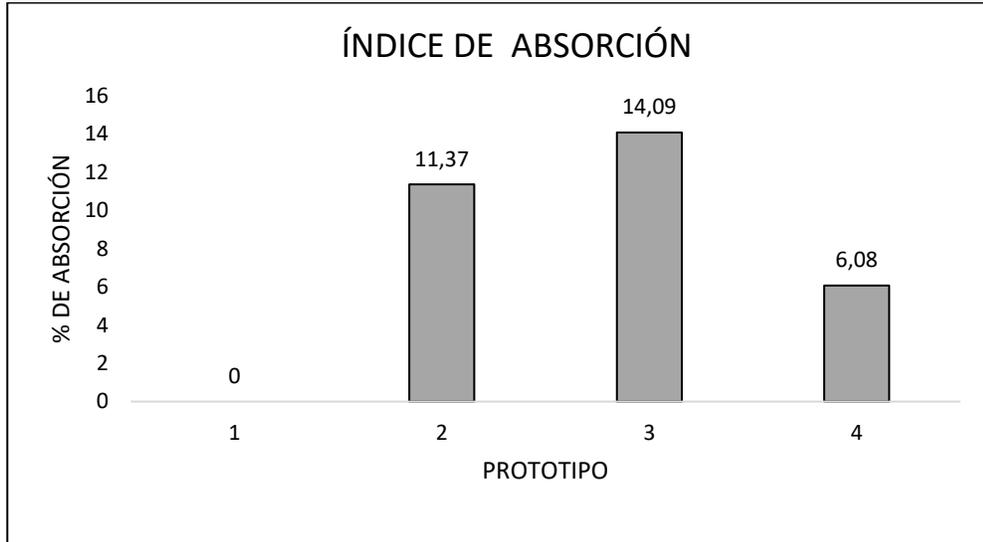


Ilustración 55: Índice de absorción de los Prototipos.
Elaborado por: Varas, J. (2021)

Una vez finalizado los procesos de fabricación y demostrando en los ensayos de calidad que la dosificación de los prototipos 1, 2 y 3 quedan descartados debido a que presentaron varios inconvenientes durante la elaboración. En cuanto al prototipo de la dosificación 4 se realiza el ensayo de resistencia a la compresión y rotura a los 7, 14 y 28 días de edad, donde se demostró que resistencia de las muestras tiende a ser mayor con el pasar del tiempo tal como se muestra en la siguiente ilustración.

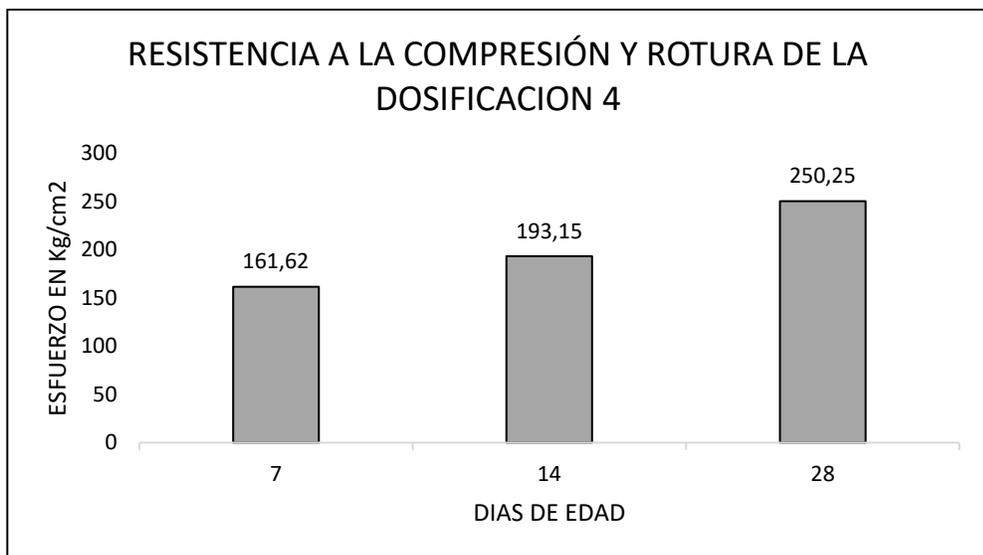


Ilustración 56: Resistencia a la Compresión y Rotura prototipo 4.
Elaborado por: Varas, J. (2021)

4.7.3. Adoquín tradicional Vs ecológico.

Con respecto al análisis comparativo entre un adoquín tradicional y uno elaborado con adición de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz, se establece que la dosificación 4 compuesta por cemento 700 g., arena volcánica 700 g., agua 250 ml. y fibra 200 g., durante el proceso de experimentación presenta fraguado rápido, excelente forma, resistencias e índice de absorción.

Es necesario acotar que debido a los resultados obtenidos la dosificación 4 es la más idónea para realizarle un análisis comparativo con un adoquín tradicional demostrando las similitudes y diferencia que existen entre cada material de construcción. En la siguiente tabla se demuestra con una ficha técnica valores de las dimensiones, peso unitario y cantidad por metro cuadrado; así como también los valores de resistencia e índice de absorción.

Como se observa en el siguiente cuadro de acuerdo a los valores establecidos en la ficha técnica los adoquines presentan similitudes en las dimensiones y la cantidad en metros cuadrados. Mas, sin embargo, el valor de peso unitario es distinto dando para un adoquín tradicional un valor de 3,5 mientras que para uno ecológico tiene de peso de masa 1,3 kg.

Con respecto a los valores de resistencia a la compresión y rotura la diferencia es mínima; siendo el adoquín ecológico un poco más resistente (0,25 kg). Mientras que el valor del índice de absorción de adoquín tradicional es mayor (7 %) con respecto a uno con adición de la viruta de la mazorca de la hoja del maíz (6,08 %).

Tabla 16: Ficha Técnica.

FICHA TECNICA		
ADOQUÍN PARA TRÁNSITO PEATONAL (TIPO A)		
	TRADICIONAL	ECOLOGICO
DIMENSIONES cm	20*10*8	20*10*8
PESO UNITARIO	3,5 kg	1,3 kg
PESO M2	175 kg	65 kg
CANTIDAD POR M2	50 U	50 u
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	250 kg/cm ²	250,25 kg/cm ²
ABSORCIÓN	7% menor	6,08%

Elaborado por: Varas, J. (2021)

CONCLUSIONES.

Con respecto al objetivo específico número uno, Identificar las características físicas de la hoja del maíz, se determinó que la mejor forma de realizar el proceso de extracción de la fibra es mediante el lavado, triturado y secado. Es necesario que puntualizar que presentaron características excelentes tanto en el color crema, aspecto ligero y resistente, así como también en el tamaño que se estableció de 2 a 3 cm.

Respecto al objetivo específico dos, Definir la dosificación adecuada de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz para elaborar un adoquín de hormigón. Se determinó que la dosificación adecuada para utilizar en el proceso de fabricación es la conformada por 700 g. de cemento, 600 g. de Arena, 250 ml agua y 200g. fibra. Dando como resultado un adoquín con peso de masa de 1,30 kg.

En función a lo planteado en el objetivo específico tres, Determinar el comportamiento mecánico del adoquín de hormigón con adición de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz, a través de varios ensayos se determinó que las dimensiones son de forma rectangular de 20cm de largo, 10 cm de ancho con un espesor de 8cm, que de acuerdo a su uso y diseño es Tipo A con capacidad para tránsito peatonal.

Tomando en consideración la hipótesis planteada y de acuerdo con los ensayos y los resultados obtenidos, se determinó que la adición de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz presenta mejor resistencia de compresión y rotura en un prototipo de adoquín ecológico; además de que el índice de absorción de agua es mejor con respecto a un adoquín tradicional.

Además, que de acuerdo a los valores obtenidos en los ensayos de calidad como el de resistencia a la compresión y rotura dando un valor de 24,54 Mpa (250,25kg/cm²), índice de absorción de 6,8 % y peso de 1,3 kg. Mientras que un adoquín tradicional de las mismas características en cuanto a su forma, uso, capacidad y diseño los valores establecidos por la norma son de 24,50 Mpa. (250kg/cm²) para la resistencia, índice de absorción de 7% y peso de 3,5 kg.

En cuanto al análisis comparativo de resultados entre un adoquín tradicional uno elaborado con la viruta de la hoja de la mazorca de maíz, se determinó que las características de acuerdo al comportamiento son más livianas y con mayor resistencia. Sin embargo, se determinó que al aumentar la cantidad de fibra en la mezcla de materiales se conseguía una pasta seca, con poca adherencia de los materiales y con mayor peso.

Mientras que cuando se disminuye la cantidad de cemento y de agua en el proceso de mezclado de materiales, las muestras durante el desmolde tienden a desintegrarse al contacto con otras muestras debido a la poca consistencia y a la ausencia de adherencia entre los materiales. Además de presentar fisuras y descamaciones durante el tiempo de almacenamiento.

En cuanto al índice de absorción se concluye que debido a la falta de arena y también a la relación de vacíos que existe en relación a la mezcla de materiales los valores tienden a aumentar, mientras que, al aumentar la cantidad de cemento, arena volcánica y disminuir los valores de la fibra y del agua, se obtiene un prototipo ideal para ser utilizado en las construcciones.

RECOMENDACIONES.

Con respecto al objetivo uno, se recomienda a nuevos investigadores que se realicen más proyectos de investigación donde se utilicen la fibra de la hoja del maíz, debido a que durante esta investigación se demostró que presenta características físicas excelentes para ser utilizadas como piso en las construcciones. Además de que se incentiva a utilizar el residuo para lograr disminuir la contaminación.

Mientras que de acuerdo al objetivo específico dos, se recomienda que, para no afectar a definir la dosificación adecuada, durante el proceso de mezclado, los materiales no contengan grumos, los cuales no permiten que los materiales se adhieran completamente; afectando, directamente los valores de resistencia de las muestras durante el ensayo de compresión y rotura; así como también en el índice de absorción de agua.

De la misma manera para el objetivo tres, se recomienda realizar más ensayos manuales y de laboratorio donde se pueda analizar los valores de deslizamiento y resbalamiento, así como también los ensayos de impacto, con la finalidad de mejorar el comportamiento mecánico de un adoquín con adición de la viruta de la hoja de la mazorca de maíz.

Se sugiere realizar en futuros estudios, un análisis exhaustivo sobre el proceso de utilización de la fibra; donde se determine un tratamiento químico, que proteja los adoquines de la humedad antes de que la fibra se convierta en un material de adición idóneo dentro del proceso de mezclado.

Dentro de la evaluación económica, se recomienda realizar un estudio donde se analice el costo de la fibra dentro del sector agrícola, para obtener el precio de la fibra dentro de la elaboración del adoquín ecológico para determinar la rentabilidad dentro del sector productivo.

Así mismo, se recomienda a empresas constructoras, ingenieros civiles y arquitectos dedicados a la construcción de nuevos materiales de construcción, a que utilicen los desechos agrícolas del maíz donde puedan fabricar prototipo que incentiven la utilización de la viruta de la mazorca de la hoja del maíz.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Moya DiMita, C. (2017). *Análisis químico de la hoja de maíz utilizada en la preparación del chigüil del Cantón Chimbo de la provincia de Bolívar*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Rentería, M., & Prado, M. (2015). *Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración y de bagazo de caña para la elaboración*. Ciudad de Mexico : Instituto de Ecología.
- Agroptima. (2020). *El Cultivo de Maíz*. Agroptima.blog.
- Andece. (2016). *Andrece*. Obtenido de http://www.andece.org/images/MASTER/descripcion_adoquines.pdf
- cerámica, i. d. (2016). *institut de promoció cerámica*. Obtenido de http://www.ipc.org.es/guia_colocacion/info_tec_colocacion/los_materiales/baldos_adoquines_horm/caract_adoquines.html
- Cerámicas para construir. (08 de enero de 2020). *Adoquín Cerámico*. Obtenido de https://www.adoquin.es/reportaje.asp?id_rep=19
- Ceuta. (2020). *Línea Verde*. Obtenido de <http://www.lineaverdeceutatrace.com/lv/consejos-ambientales/contaminantes/Que-es-la-contaminacion-ambiental.asp>
- ConcienciaEco. (21 de 10 de 2019). Obtenido de <https://www.concienciaeco.com/2012/08/21/que-es-el-reciclaje/>
- Constituyente. (2008). Constitución de la República del Ecuador.
- Construmática. (2016). *Construmática*. Obtenido de https://www.construmatica.com/construpedia/Caracter%C3%ADstica_de_los_Adoquines_seg%C3%BA_n_la_norma_UNE-EN1338#Propiedades_f.C3.ADs.C3.ADcas_y_mec.C3.A1nicas
- Construmática. (29 de 01 de 2020). *Característica de los Adoquines según la norma UNE-EN1338*. Obtenido de https://www.construmatica.com/construpedia/Caracter%C3%ADstica_de_los_Adoquines_seg%C3%BA_n_la_norma_UNE-EN1338#Resistencia_al_deslizamiento_.2F_resbalamiento

- Construpedia. (2019). *Construmática*. Obtenido de <https://www.construmatica.com/construpedia/Viruta>
- Cortabarra, J. (2016). *UF1056: Ejecución de bordes de Confinamiento y Adoquinados*. España: Editorial Innovación y Cualificación.
- Cuzco. (2020). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS ENTRE EL ADOQUÍN CONVENCIONAL Y EL ADOQUIN DE CAUCHO*.
- Cuzco, A. (2015). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS ENTRE EL ADOQUÍN CONVENCIONAL Y EL ADOQUIN DE CAUCHO*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- DAEU. (2019).
- DefiniciónABC. (20 de 2 de 2020). Obtenido de <https://www.definicionabc.com/social/desechos.php>
- Ecoticias.com. (29 de 01 de 2020). *Ecoticias.com*. Obtenido de <https://www.ecoticias.com/biocombustibles/90127/noticia-medio-ambiente-residuos-maiz-contienen-cantidades-producir-energia-alternativa>
- EcuRed. (2015). *EcuRed*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Adoqu%C3%ADn>
- EcuRed*. (2020).
- García, A. (7 de marzo de 2018). *La hoja del maíz, base del futuro material para la construcción*. Obtenido de https://www.elplural.com/el-telescopio/sostenibilidad/la-hoja-del-maiz-base-del-futuro-material-para-la-construccion_120065102
- Gruposacsa. (6 de julio de 2015). *Diferentes partes de una planta de maíz*. Gruposacsa. Obtenido de <http://www.gruposacsa.com.mx/diferentes-partes-de-una-planta-de-maiz/>
- Gruposacsa. (29 de 01 de 2020). Obtenido de <http://www.gruposacsa.com.mx/diferentes-partes-de-una-planta-de-maiz/>
- Guzmán, & Causil. (2020). Obtenido de <https://repositorio.unicordoba.edu.co/>
- Guzmán, V., & Causil, R. (2016). *Caracterización de las fibras de Capacho de Maíz (Zea Mays) como material de refuerzo alternativo para el concreto mediante ensayos mecánicos*. Bogota: Universidad de Córdoba.
- Hayes, J. (2017). *Tipos de Adoquines*. España: El Hoy.

- Hernández , R. (2014). *Metodología de la Investigación Sexta Edición*. Mexico: MccGRAW-HILL.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2012). *Metodología de la Investigación* . Mexico: McGraw Hill Interamericana.
- IECA. (03 de 03 de 2020). *Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones* . Obtenido de <https://www.ieca.es/componentes-y-propiedades-del-cemento/>
- Info., M. (9 de Septiembre de 2019). *Características del maíz que lo hacen una planta versátil*. Obtenido de <http://delmaiz.info/caracteristicas/>
- Jiménez, Y. (12 de 2019). *Calibración de la máquina de resistencia a la abrasión de adoquines, para su funcionamiento en el laboratorio del CIVCO, según Norma Nacional*. Costa Rica : Escuela Ingeniería en Construcción. Obtenido de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6195/Calibraci%C3%B3n_M%C3%A1quina_Resistencia_Abrasi%C3%B3n_Adoquines_Funcionamiento_Laboratorio_CIVCO_Norma_Nacional.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lascano, A. (01 de 29 de 2017). *El origen del Maíz*. Mexico: Colegio Nacional de Mexico. Obtenido de <http://www.codexvirtual.com/maiz/index.php/archivos?id=30>
- Lexico. (01 de 03 de 2020). *Free Online*. Obtenido de <https://es.thefreedictionary.com/mazorca>
- López, P. (16 de 07 de 2019). *os residuos de la industria porcina y del maíz se pueden mezclar para cultivar microalgas: CdA*. Obtenido de <https://www.iagua.es/noticias/centro-agua-america-latina-y-caribe/residuos-industria-porcina-y-maiz-se-pueden-mezclar>
- Mackencie, C. G., & Rodríguez , J. A. (2020).
- Mackencie, C. G., & Rodríguez, J. A. (2017). *OBTENCIÓN DE PULPA CELULÓSICA ATRAVÉS DE HOJAS DE MAZORCA DE MAÍZ PARA LA ELABORACIÓN DE PAPEL BLANCO*. Quevedo: UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO.
- MAGYP. (2015). *Manejo Integrado del Cultivo de Maíz*. Quito: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.
- Maiz, c. d. (noviembre de 2015). *cultivo de Maíz*. Obtenido de <http://maiznancycajamaca.blogspot.com/2015/11/1.html>

- Martínez. (2016). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN ENTRE UN ADOQUÍN CONVENCIONAL Y ADOQUINES PREPARADOS CON DIFERENTES FIBRAS: SINTÉTICA (POLIPROPILENO), ORGÁNICA (ESTOPA DE COCO), INORGÁNICA (VIDRIO)*. Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Martínez. (28 de Enero de 2020). *Universidad Técnica de Ambato*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24054/1/Tesis%201054%20-%20Mart%20c3%20adnez%20Mayancela%20Joffre%20Ren%20c3%20a9.pdf>
- Martínez, M. P. (2017). *Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta*. Mexico: Universidad de Guadalajara.
- Montiel. (2017). *Uso de agregados reciclados para la fabricación de adoquines que se puedan utilizar en la pavimentación de calles, avenidas y pasos peatonales*. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Montiel. (2020). Obtenido de <file:///C:/Users/CesarT/Desktop/ADOQUIN%20CON%20FIBRA%20DE%20CH/peatonales.pdf>
- NORMA INEN, A. d. (2016). *NORMA INEN Adoquin de Hormigón*. Ecuador: NORMA INEN.
- NTE INEN. (2016). *Adoquines de Hormigón*. Norma Técnica Ecuatoriana.
- NTG. (2012.). *“Métodos de ensayos. Determinación de la resistencia al desgaste por abrasión de adoquines de concreto”*. Guatemala : Norma Técnica Guatemalteca Coguanor .
- Pacasmayo. (2020). Obtenido de https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjfy92IrvPmAHEjlkKHe_qBzUQjhx6BAgBEAI&url=https%3A%2F%2Fwww.slideshare.net%2Fictafurjimenez%2Fadoquines-pacasmayo-profesional-2018&psig=AOvVaw0vQx0h54MrGH9dgl1X5dkh&ust=1578550759
- PartesDel.com. (junio de 2018). *Partes de la planta de maíz*. Obtenido de https://www.partesdel.com/planta_de_maiz.html

- Paturas de América. (2015). *Residuos del cultivo de maíz*. Obtenido de <http://www.paturasdeamerica.com/utilizacion-forrajes/residuos-agricolas/maiz/>
- Pilicita, I., & Segovia, F. (2015). *Desgaste de Adoquines de Hormigón sometidos a ul;fatto de Sodio en diferentes concentraciones*. Quito: Pontifica Universidad Católica del Ecuador.
- Reyes, J., & Ventura, E. (2017). *Efecto de la Sustitución del Cemento en un 5, 10 y 15% por Ceniza de hoja en la Resistencia del Concreto*. Huaraz - Perú: Universidad San Pedro.
- Santafe. (2015). Obtenido de https://neufert-cdn.archdaily.net/uploads/product_file/file/50430/Manual_adoquin.pdf
- Santafe. (2020).
- Scielo. (31 de enero de 2020). Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712012000300004
- scielo. (2017). *scielo*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712012000300004
- Significados.com. (27 de 10 de 2016). Obtenido de <https://www.significados.com/sustentable/>
- Venemecia. (19 de 2 de 2020). *Conceptos y definiciones* . Obtenido de <https://conceptodefinicion.de/desechos/>
- Yugsi Toapanta , A. E. (2018). *Análisis de las propiedades mecánicas de adoquines elaborados con hormigón y polvillo de caucho de neumáticos reciclados y su correlación con adoquines convencionales*. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Anexo 2: Informe ensayo de Resistencia de Compresión y Rotura.



ENSAYO DE COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE HORMIGÓN
ASTM C 140

PROYECTO: Elaboración de un prototipo de adoquín con residuos orgánicos
UBICACIÓN: Guayaquil
SOLICITADO POR: Jonathan Varas Ramirez
FECHA: 10/8/2021

USO: TESIS

Muestra No.	Ancho mm	Longitud mm	Peso kg	Espesor mm	Fecha de toma	Fecha de rotura	Edad (Días)	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²
1	202	98,4	1,119	79.9	1/7/2021	8/7/2021	7	32250	161,62
2	203	98,8	1,178	65.3	1/7/2021	15/7/2021	14	38764	193,15
3	200	100,2	1,3	80.2	1/7/2021	29/7/2021	28	49940	250,25


Ing. Francisco Grau A.
Jefe de Laboratorio de Suelos
GEOCIMENTOS S.A.

Esquema del adoquín


Fuente: GEOCIMENTOS S.A. (2021)