

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**AUTOMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA MÁQUINA TEVI PARA LA FABRICACIÓN DE TMC COMO APORTE AL PROYECTO DE LA FUNDACIÓN ECOSUR-ECUADOR**

**Autor:**

Julio Sebastián Tenemaza Guamán

**Tutor:**

Dr. Marlon Basantes Valverde. PhD

**Riobamba – Ecuador**

**Año 2020**

Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación de título: **“AUTOMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA MÁQUINA TEVI PARA LA FABRICACIÓN DE TMC COMO APORTE AL PROYECTO DE LA FUNDACIÓN ECOSUR-ECUADOR.”**, presentado por: Julio Sebastián Tenemaza Guamán, dirigido por: Dr. Marlon Basantes Valverde. PhD.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Mgs. Giovanni Cuzco  
Presidente del Tribunal



Firma

Mgs. Daniel Haro  
Miembro del Tribunal



Firma

Dr. Antonio Meneses  
Miembro del Tribunal



Firma

## DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA

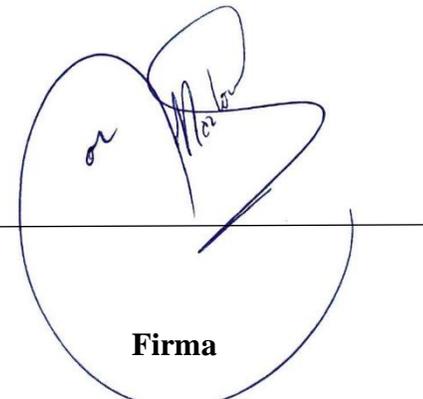
En calidad de tutor del tema de investigación “**AUTOMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA MÁQUINA TEVI PARA LA FABRICACIÓN DE TMC COMO APORTE AL PROYECTO DE LA FUNDACIÓN ECOSUR-ECUADOR**” realizado por el Sr. **Julio Sebastián Tenemaza Guamán**, para optar por el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sustentada públicamente y evaluada por el jurado examinador que se designe.

Riobamba, septiembre 2020

Dr. Marlon Danilo Basantes Valverde. PhD

**C.I. 060275643-9**

**TUTOR:**



Firma

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

La responsabilidad del contenido de este proyecto de graduación corresponde exclusivamente a: Julio Sebastián Tenemaza Guamán, Dr. Marlon Basantes Valverde. PhD, Fundación EcoSur Sede Riobamba y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.

Julio Sebastián Tenemaza Guamán

C.I. 0604040618

## **DEDICATORIA**

*“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado, un esfuerzo total es una victoria completa. -Mahatma Gandhi”*

*Este proyecto va dedicado a mis padres Eulogia y Julio ya que su apoyo, su amor y paciencia brindada en todo mi trayecto estudiantil fue un impulso para lograr cumplir cada una de mis metas.*

*A mis hermanos Xavier, Pablo y Nancy, ya que son un pilar importante en mi vida que siempre estuvieron apoyándome, dando consejos para poder levantarme y seguir adelante, nunca dudaron de mis capacidades en el transcurso de mi vida universitaria y en la realización de este proyecto.*

**Julio Sebastián.**

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, agradezco a dios por permitirme cumplir una meta muy importante en mi vida y poder compartirla con mi familia.*

*A mis padres por ser el mejor ejemplo de perseverancia, sacrificio y superación motivándome a seguir adelante y así a poder realizar cada una de mis metas propuestas.*

*A mis hermanos por haberme apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, a mi hermano Xavier ya que es el mejor ejemplo de superación y motivación.*

*A Alex Reyes por su ayuda en este proyecto y siempre dar consejos en cómo mejorarlo, sin esperar a recibir algo a cambio.*

*A mi tutor Dr. Marlon Basantes Valverde por la confianza que me dio, por todos sus consejos y enseñanzas ayudándome así a crecer profesionalmente.*

***Julio Sebastián.***

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS .....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
RESUMEN.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	3
1.1    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2    OBJETIVOS.....	4
1.2.1    GENERAL .....	4
1.2.2    ESPECIFICOS .....	4
CAPITULO II.....	5
2    ESTADO DEL ARTE .....	5
2.1    ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	5
2.2    AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL .....	5
2.2.1    Modelo estructural de un sistema automatizado.....	5
2.2.2    Elementos de un proceso a automatizar.....	6
2.3    MÓDULO PUENTE H L298N.....	8
2.3.1    CARACTERÍSTICAS .....	9
2.3.2    CONEXIÓN DE ALIMENTACIÓN DEL MÓDULO .....	9
2.4    SENSOR ULTRASONIDO HC-SR04 .....	9
2.4.1    CARACTERÍSTICAS .....	10
2.5    SENSOR DETECTOR DE OBSTÁCULOS INFRARROJO (IR) FC-51 .....	11
2.5.1    CARACTERÍSTICAS .....	11
2.6    SERVOMOTOR .....	12
2.6.1    CARACTERÍSTICAS .....	12
2.7    MÓDULO RELAY 4CH .....	13
2.7.1    CARACTERÍSTICAS .....	13
2.8    MÓDULO ARDUINO MEGA .....	14
2.8.1    CARACTERÍSTICAS .....	14
2.9    SOFTWARE ARDUINO IDE.....	15
2.9.1    CARACTERÍSTICAS .....	15
2.10    SOFTWARE SOLIDWORKS .....	16
2.11    SOFTWARE BLENDER.....	17

2.11.1	CARACTERÍSTICAS .....	17
2.12	AUSPICIANTE ECOSUR NETWORK .....	18
CAPITULO III .....		19
3	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	19
3.1.1	INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA.....	19
3.1.2	INVESTIGACIÓN CUASI EXPERIMENTAL.....	19
3.2	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	19
3.3	TÉCNICA.....	20
3.4	FUENTES DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN .....	20
3.5	INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
3.6	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES .....	20
3.6.1	Variable Independiente .....	20
3.6.2	Variable Dependiente .....	21
3.7	DESARROLLO .....	21
3.7.1	DISEÑO EN SKETCHUP .....	21
3.7.2	DISEÑO DE PIEZAS EN SOLIDWORKS .....	22
3.7.2.1	Procesos necesarios para el diseño de la automatización.....	24
3.7.2.2	Método para el diseño .....	24
3.7.2.3	Proceso para realizar los planos .....	25
3.7.3	PROCESO PARA LA ANIMACIÓN EN BLENDER .....	26
3.7.4	DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO .....	30
3.7.5	ANÁLISIS DE DATOS.....	32
CAPÍTULO IV .....		36
4	RESULTADOS .....	36
4.1	RESULTADOS EN EL SOFTWARE SOLIDWORKS.....	36
4.1.1	Estructura de la máquina TEVI para la fabricación de tejas TMC .....	36
4.1.2	Planos correspondientes de la máquina TEVI .....	38
4.1.2.1	Plano MARCO CHASIS de máquina TEVI .....	38
4.1.2.2	Plano SOPORTE DE MESA VIBRADORA de máquina TEVI .....	39
4.1.2.3	Plano BANDEJA FRONTAL de máquina TEVI .....	40
4.1.2.4	Plano MARCO METALITO PARA CUMBREIRA de máquina TEVI..	41
4.1.2.5	Plano SOPORTE EJE VIBRADOR de máquina TEVI.....	42
4.1.2.6	Plano SOPORTE DE MOTOR ELÉCTRICO de máquina TEVI .....	43

4.1.2.7	Plano MARCO METALITO PARA TMC de máquina TEVI.....	44
4.1.2.8	Plano BRAZO PARA MOLDE de máquina TEVI.....	45
4.1.3	Estructura de BALDE MEZCLADOR Y HOMOGENEIZADOR <sup>1</sup> .....	46
4.1.4	Planos correspondientes de al HOMOGENEIZADOR .....	47
4.1.4.1	Plano BALDE del HOMOGENEIZADOR .....	47
4.1.4.2	Plano EJE DE TRANSMISIÓN del HOMOGENEIZADOR.....	48
4.1.4.3	Plano TAPA DE EJE DE TRANSMISIÓN del HOMOGENEIZADOR.....	49
4.1.4.4	Plano SOPORTE DE PALETA 1 del HOMOGENEIZADOR .....	50
4.1.4.5	Plano SOPORTE DE PALETA 2 del HOMOGENEIZADOR .....	51
4.1.4.6	Plano PALETA del HOMOGENEIZADOR .....	52
4.1.4.7	Plano EJE PALETA del HOMOGENEIZADOR .....	53
4.1.4.8	Plano SOPORTE SERVOMOTOR del HOMOGENEIZADOR.....	54
4.1.4.9	Plano TAPA INFERIOR BALDE del HOMOGENEIZADOR.....	55
4.1.4.10	Plano TAPA SUPERIOR BALDE del HOMOGENEIZADOR.....	56
4.1.4.11	Plano BANDA TRANSPORTADORA del HOMOGENEIZADOR .....	57
4.1.4.12	Plano EJE TRANSMISIÓN BANDA TRANSPORTADORA del HOMOGENEIZADOR .....	58
4.1.5	Estructura Soporte metálico para PRENSA.....	59
4.1.6	Estructura MESA máquina TEVI.....	60
4.1.7	Estructura Final de la automatización de máquina TEVI para la fabricación de tejas TMC .....	61
4.2	DEMOSTRACION MEDIANTE LA VISUALIZACION DE UN VIDEO FUNCIONAL DEL SISTEMA .....	61
4.2.1	Representación gráfica de la automatización en Blender .....	62
4.3	MÁQUINA TEVI MANUAL Y MÁQUINA TEVI AUTOMATIZADA .....	66
CAPÍTULO V .....		68
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	68
5.1	CONCLUSIONES.....	68
5.2	RECOMENDACIONES .....	69
BIBLIOGRAFÍA .....		70
ANEXOS .....		73

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Fig. 1 Modelo estructural de un sistema automatizado</i> .....	6
<i>Fig. 2 Elementos de un proceso a automatizar</i> .....	7
<i>Fig. 3 Módulo puente H L298N</i> .....	8
<i>Fig. 4 Sensor Ultrasonido Hc-Sr04</i> .....	10
<i>Fig. 5 Sensor Detector De Obstáculos</i> .....	11
<i>Fig. 6 Servomotor Servo SG-5010</i> .....	12
<i>Fig. 7 Módulo Relay</i> .....	13
<i>Fig. 8 Módulo Arduino Mega</i> .....	14
<i>Fig. 9 IDE de Arduino</i> .....	15
<i>Fig. 10 Interfaz Visual SolidWorks (student versión)</i> .....	16
<i>Fig. 11 Interfaz Visual Blender 2.82</i> .....	17
<i>Fig. 12 Diseño en SketchUp</i> .....	22
<i>Fig. 13 Despiece de la máquina TEVI</i> .....	22
<i>Fig. 14 Parámetros para el diseño en SolidWorks</i> .....	23
<i>Fig. 15 Procesos para el diseño</i> .....	24
<i>Fig. 16 Generar planos en SolidWorks</i> .....	26
<i>Fig. 17 Importar archivos .STL a Blender</i> .....	26
<i>Fig. 18 Identificación de elementos a animar</i> .....	27
<i>Fig. 19 Limitando el espacio para la animación de fluidos</i> .....	28
<i>Fig. 20 Configuración de fluidos</i> .....	29
<i>Fig. 21 Resultado final de la animación en Blender</i> .....	29
<i>Fig. 22 Diseño del circuito en Isis Proteus</i> .....	30
<i>Fig. 23 Conexión de los componentes en Arduino Mega</i> .....	31
<i>Fig. 24 Datos en SPSS</i> .....	32
<i>Fig. 25 Despiece de la máquina TEVI de la fundación EcoSur</i> .....	37
<i>Fig. 26 Plano correspondiente al chasis</i> .....	38
<i>Fig. 27 Plano correspondiente mesa vibradora</i> .....	39
<i>Fig. 28 Plano de bandeja frontal</i> .....	40
<i>Fig. 29 Plano marco metálico para cumbreira</i> .....	41
<i>Fig. 30 Plano soporte vibrador</i> .....	42
<i>Fig. 31 Plano soporte de motor eléctrico</i> .....	43
<i>Fig. 32 Plano marco metálico para TMC</i> .....	44
<i>Fig. 33 Plano de brazo para molde</i> .....	45
<i>Fig. 34 Despiece del balde homogeneizador</i> .....	46
<i>Fig. 35 Planos del balde homogeneizador</i> .....	47
<i>Fig. 36 Plano de eje de transmisión</i> .....	48
<i>Fig. 37 Plano para tapa de eje de transmisión</i> .....	49
<i>Fig. 38 Plano de soporte de paleta</i> .....	50
<i>Fig. 39 Plano soporte de paleta</i> .....	51
<i>Fig. 40 Plano de paleta para el homogeneizador</i> .....	52
<i>Fig. 41 Plano de eje de paleta</i> .....	53
<i>Fig. 42 Plano para soporte de servomotor</i> .....	54
<i>Fig. 43 Plano de tapa para salida de mezcla del microconcreto</i> .....	55

<i>Fig. 44 Plano para tapa del balde homogeneizador.....</i>	<i>56</i>
<i>Fig. 45 Plano de banda transportadora.....</i>	<i>57</i>
<i>Fig. 46 Plano eje de la banda transportadora.....</i>	<i>58</i>
<i>Fig. 47 Plano para soporte de prensa.....</i>	<i>59</i>
<i>FIG. 48 Plano de mesa para la máquina TEVI.....</i>	<i>60</i>
<i>Fig. 49 Resultado final de la automatización.....</i>	<i>61</i>
<i>Fig. 50 Animación 3D realizada en Blender.....</i>	<i>62</i>
<i>Fig. 51 Activación y comprobación de la máquina TEVI.....</i>	<i>63</i>
<i>Fig. 52 Proceso de homogenización.....</i>	<i>63</i>
<i>Fig. 53 Proceso banda transportadora.....</i>	<i>64</i>
<i>Fig. 54 Proceso distribución mezcla por medio de una prensa.....</i>	<i>65</i>
<i>Fig. 55 Resultado final de la automatización.....</i>	<i>65</i>
<i>Fig. 56 Convenio Ecosur-UNACH.....</i>	<i>73</i>
<i>Fig. 57 Convenio Ecosur-UNACH.....</i>	<i>74</i>
<i>Fig. 58 Carta de apoyo por EcoSur.....</i>	<i>75</i>
<i>Fig. 59 Carta de apoyo por Prefabricados San Sebastian.....</i>	<i>76</i>
<i>Fig. 60 Visita al lugar in situ del proyecto de investigación.....</i>	<i>77</i>
<i>Fig. 61 Fabricación de TMC.....</i>	<i>77</i>
<i>Fig. 62 Fabricación de teja por tesista.....</i>	<i>78</i>
<i>Fig. 63 Toma de mediciones.....</i>	<i>78</i>
<i>Fig. 64 Balde mezclador.....</i>	<i>79</i>
<i>Fig. 65 Motor para el balde mezclador.....</i>	<i>79</i>
<i>Fig. 66 Balde mezclador.....</i>	<i>80</i>
<i>Fig. 67 Despiece de la máquina TEVI 1.....</i>	<i>81</i>
<i>Fig. 68 Despiece de la máquina TEVI 2.....</i>	<i>81</i>
<i>Fig. 69 Mediciones.....</i>	<i>82</i>
<i>Fig. 70 Carta Aval EcoSur.....</i>	<i>83</i>

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i> Especificaciones Técnicas modulo Puente H L298N.....	9
<i>Tabla 2</i> Especificaciones Técnicas HC-SR04 .....	10
<i>Tabla 3</i> Especificaciones Sensor Infrarrojo.....	11
<i>Tabla 4</i> Especificaciones Servomotor .....	12
<i>Tabla 5</i> Especificaciones Módulo Relay .....	13
<i>Tabla 6</i> Especificaciones Módulo Arduino Mega .....	14
<i>Tabla 7</i> Datos de un día aleatorio .....	34
<i>Tabla 8</i> Datos SPSS de un Día aleatorio .....	34
<i>Tabla 9</i> Media del tiempo de fabricación de la teja .....	35
<i>Tabla 10</i> Media del tiempo de vibración de la teja.....	35
<i>Tabla 11</i> Comparación de la máquina TEVI manual y automatizada.....	67

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación trata de un estudio electromecánico para el diseño, automatización y optimización de la máquina TEVI que fabrica de tejas de microconcreto idea original de la Fundación EcoSur quienes plantearon esta necesidad como parte del Proyecto “Mejora de Viviendas” en la Zona Centro del Ecuador.

El proceso para la automatización cuenta de dos estructuras adicionales: la primera estructura es un Balde Mezclador-Homogeneizador que forma el microconcreto y la segunda estructura es una Prensa que lo distribuye para formar la teja.

En el primer Capítulo se Plantea el Problema y se establecen el Objetivo General y los Objetivos Específicos. En el Segundo Capítulo se revisa el Estado del Arte para determinar los fundamentos científicos de base de los dispositivos electrónicos y mecánicos, así como el software que se utilizará en el diseño y la simulación. El Tercer Capítulo describe con gran detalle la Metodología de la Investigación para el diseño de las diferentes piezas que forman el balde Mezclador-Homogeneizador y la Prensa: en el diseño y ensamblaje de los componentes se utilizó SolidWorks 2019 (students version) esto permitió además generar todos los planos en 2D y 3D, para el diseño y simulación del circuito que controla el proceso se utilizó Isis Proteus v.8 (demo version) y para la animación de la fabricación de la teja se utilizó Blender 2.82 (free and open source). En el Capítulo 5 se presentan finalmente las conclusiones y recomendaciones.

**Palabras Clave:** Automatización, Optimización, TEVI, Teja, Microconcreto, EcoSur.

## ABSTRACT

This research deals with an electromechanical study for a design, automation and optimization of the TEVI machine that manufactures micro-concrete tiles. It is an original idea from EcoSur Foundation as part of the “Housing Improvement” Project in the Central Zone of Ecuador. The automation process has two additional structures: the first structure is a Mixer-Homogenizer Bucket that forms the micro concrete. The second structure is a Press that distributes concrete to form a tile. In the first chapter, the problem is stated, including the general and specific objectives. In the second chapter, the theoretical framework determines the basic scientific foundations about electronic and mechanical devices, and the software to be used for the design and simulation. The third chapter describes in detail the Research Methodology for designing the different parts of the Mixer-Homogenizer bucket and the Press: SolidWorks 2019 (Students’ version) was used when designing and assembling the components. Therefore, it allowed generating all drawings in 2D and 3D. For the design and simulation of the circuit that controls the process, Isis Proteus v.8 (demo version) was used. Blender 2.82 (free and open source) was employed for the animation of the tile manufacturing. Finally, chapter 5 presents the conclusions and recommendations.

**Keywords:** Automation, Optimization, TEVI, Teja, Microconcrete, EcoSur.

**Reviewed and corrected by:** Lic: Armijos Jacqueline, MsC.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jacqueline', with a long horizontal line extending to the right and a wavy line below it.

## INTRODUCCIÓN

EcoSur Network es la red para el hábitat económico y ecológico (FindGlocal, 2020), es una organización independiente con el objetivo principal de velar el bienestar social del ser humano donde su enfoque principal es en el desarrollo de viviendas.

Debido al gran déficit habitacional en los países del sur (HabitatAQ, 2020), la Fundación EcoSur brinda ayuda comunitaria a personas que no poseen una vivienda adecuada a través de proyectos de vivienda social, por esta razón EcoSur Network se centró en el desarrollo de infraestructuras con tejas ligeras de microconcreto (TMC) ya que es una alternativa ecológica y económica.

La Teja de Microconcreto, TMC, es un elemento de cubierta económico y de larga vida útil, y a la vez, una variante de un techo tradicional muy apreciado. La TMC forma un techo impermeable, uniforme, liviano y con muchas ventajas sobre otros productos similares (EcoSur, Ficha técnica: Teja de microconcreto, 2019). El Microconcreto, base de la fabricación de la teja, se fabrica a partir de cemento, arena y agua. Los techos de TMC superan en calidad a la mayoría de los techos de peso ligero pues son aislantes del frío, del calor y del ruido, son además impermeables y poseen una larga vida útil. La fabricación de tejas de microconcreto está sometida a importantes exigencias de productividad y calidad, cumpliendo estándares internacionales, donde la impermeabilidad, la resistencia a la flexión y otros parámetros han sido evaluados satisfactoriamente. Además, en el proceso de fabricación se economizan energía eléctrica y combustible considerando clásicamente a este proceso un proceso netamente manual. Las tejas fabricadas no requieren de un horno para su secado porque este proceso se realiza directamente a la intemperie con sol, finalmente son remojadas para evitar cuarteaduras (Márquez, 2015).

El proceso de fabricación de las TMC se realiza a través de una máquina desarrollada por EcoSur Máquina TEVI (EcoSur, Productos, 2020), que es netamente de uso manual en todo el proceso de fabricación además de necesitar un operador con experiencia para poder usar y fabricar la teja de microconcreto, por esta razón el costo final de cada teja es un poco elevada dificultando así a las personas de bajos recursos económicos adquirir estas tejas para la construcción de sus viviendas.

Por esta razón la Fundación EcoSur por medio del convenio que existe con la Universidad Nacional de Chimborazo plantea un estudio para automatizar y optimizar el proceso de la Máquina TEVI con el fin de eliminar el tiempo que se pierde en la fabricación de TMC y llegar a disminuir el costo final de cada teja, ya que la TMC además es el producto principal que proporciona la Fundación EcoSur.

El presente proyecto se enfoca en la automatización de la Máquina TEVI-ECOSUR que fabrica tejas manualmente. Esta automatización mejorará la productividad, reduciendo el tiempo que se emplea en realizar cada uno de los procesos en la fabricación de la teja lo que mejorará directamente la calidad de la misma. Este nuevo proceso reducirá el trabajo del operario, suprimiendo en gran medida su esfuerzo físico garantizando además una mayor seguridad para él. El proceso de automatización en la producción de tejas de microconcreto se realizará mediante la utilización de un microcontrolador, electroválvulas con cilindros neumáticos, sensores que permitirá mejorar el proceso productivo de la Máquina TEVI con elevados estándares de calidad.

## **CAPITULO I**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Alrededor del mundo han ocurrido diversos desastres naturales, consecuencia de ellos los sectores vulnerables han sido los más afectados, por lo cual los índices que determinan el número de viviendas propias han bajado drásticamente. En la última década los gobiernos han implementado medidas de salvaguarda para emergencias, proporcionando viviendas emergentes para las personas más afectadas o de recursos muy limitados. En el Ecuador se registró que en el 2017 el 64.7% de hogares consta con vivienda propia a comparación de los datos obtenidos en el 2005 en los cuales el 68.4% de los hogares constaban con vivienda propia, lo cual en términos generales representa un decremento de 4% en los años en progresión, significando 1.6 millones de hogares sin vivienda propia (ElUniverso, 2018).

Los problemas que tiene la sociedad moderna es la falta de espacios habitablemente dignos, el incremento en la población, desempleo y la pobreza hacen casi imposible que muchas familias puedan tener una vivienda adecuada para vivir. Los altos precios de los materiales de construcción y un salario bajo impiden a dichas familias adquirir materiales de calidad. En el Ecuador la vivienda es un problema serio al igual que el resto de Sudamérica esto ha llevado a la necesidad de la construcción de viviendas de bajo costo. Estas viviendas utilizan tejas, en sus techos, como protección, ya que son de mayor accesibilidad y de bajo costo de fabricación.

El proceso manual de fabricación de la teja conlleva un desperdicio de tiempo y recursos: la mezcla para formar el microconcreto no tiene una humedad relativa constante; la mezcla no es homogénea en cada proceso; se necesita personal con experiencia para la fabricación del producto; la cantidad exacta de mezcla para fabricar una teja no es controlable todo el tiempo por lo que el grosor de la teja no es uniforme teniendo formas irregulares; el tiempo de vibración no es está establecido ni controlado apareciendo por este motivo burbujas de aire; no es posible llevar un conteo del producto fabricado así como no existe un registro del tiempo promedio de fabricación. Todos estos aspectos determinan una calidad variable del producto dependiendo en gran medida del operario.

Finalmente, el costo de la teja termina siendo alto y los objetivos de ayuda social podrían ser afectados.

Por esta razón la Fundación ECOSUR (EcoSur, 2019) con sede en Riobamba ha visto la necesidad de automatizar una de sus máquinas de trabajo “La máquina de tejas de Microconcreto” (con patente registrada), para aumentar el volumen de producción tejas y cumbros - (EcoSur, Productos, 2019)) y sobre todo reducir los costos de la fabricación controlando la calidad de sus productos que cumplan con los estándares nacionales e internacionales establecidos por EcoSur internacional (EcoSur, Transferencia Sur-Sur, 2019). La automatización y optimización de todo el proceso en la fabricación de su producto más relevante “Las tejas de microconcreto” permitirá elevar la producción de tejas (mayor número), optimizar el tiempo de fabricación y, minimizar los recursos materiales y técnicos para ofertar un producto de gran calidad a un menor precio en el mercado (Weber, 2011), para de esta manera continuar con la ayuda social en el Plan de Reconstrucción de Viviendas en Sectores Vulnerables en el Ecuador.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 GENERAL**

AUTOMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA MÁQUINA TEVI PARA LA FABRICACIÓN DE TMC COMO APORTE AL PROYECTO DE LA FUNDACIÓN ECOSUR-ECUADOR.

### **1.2.2 ESPECIFICOS**

- Diseñar un modelo 3D funcional para la automatización de la máquina TEVI TMC con las aplicaciones SketchUp-MSPPhysics, SolidWorks y Blender.
- Implementar un sistema basado en el microcontrolador ATmega2560 para controlar sensores, cilindros neumáticos y pulsadores que se activen y desactiven automáticamente en los procesos de fabricación de la TMC evidenciándose en una simulación con Proteus.
- Realizar un análisis estadístico de los tiempos de fabricación de la máquina TEVI-manual.

## **CAPITULO II**

### **2 ESTADO DEL ARTE**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Hoy en día la automatización y optimización de equipos, maquinaria en los procesos industriales ha evolucionado siendo capaz de suministrar equipos y sistemas más eficientes y competitivos para satisfacer las siguientes necesidades: flexibilidad y escalabilidad de los productos (Collet, 2013).

La automatización es la eliminación total o parcial de la mano de obra en diferentes tareas industriales, agrícolas, domésticas, administrativas o científicas (García, 2020). Los componentes fundamentales en la automatización son los transductores y captadores de información, preaccionadores (relés, etc.) y accionadores (motores, etc.), los cuales serán controlados mediante un microprocesador.

En las últimas décadas los procesos y algoritmos de automatización han crecido bastante rápido beneficiando a las industrias con el aumento de la productividad, la reducción en los costos y los tiempos de producción, y la recolección, el procesamiento y el análisis de datos con los productos fabricados (La Torre, 2015).

#### **2.2 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

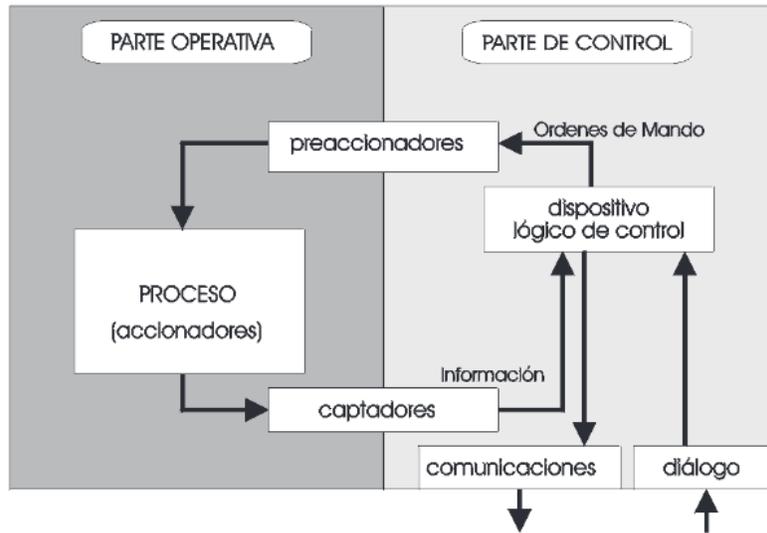
La automatización en su definición más simple es un sistema el cual transfiere las tareas de producción que son realizadas habitualmente por un operador humano a un conjunto de elementos tecnológicos (captadores, preaccionadores).

##### **2.2.1 Modelo estructural de un sistema automatizado**

La estructura de un sistema automatizado consta de dos partes principales: Parte Operativa, conjunto de dispositivos o subprocesos, diseñados para realizar determinadas funciones de

fabricación. Por otro lado, está la parte de control o mando que es el dispositivo encargado de coordinar las distintas operaciones para mantener la parte operativa bajo control (García, 2020).

El correcto funcionamiento de la parte Operativa se logra mediante el intercambio continuo de información entre la parte Operativa y parte Control, este intercambio continuo de información se realiza a través de los captadores binarios, transductores (analógicos, digitales) y dispositivos preaccionadores.

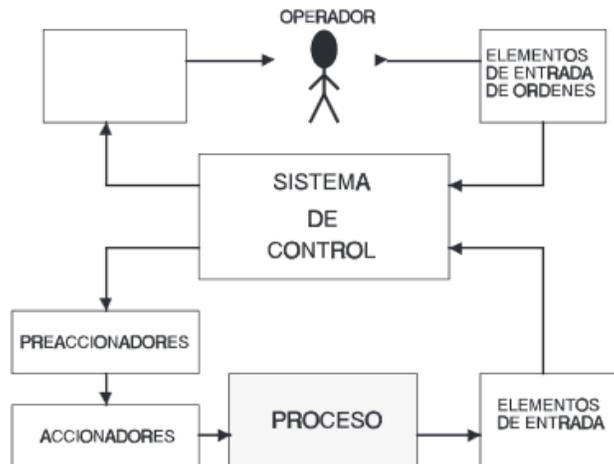


*Fig. 1 Modelo estructural de un sistema automatizado*

*Fuente:* (García, 2020)

### **2.2.2 Elementos de un proceso a automatizar**

Para automatizar un proceso se debe tener en cuenta un conjunto de elementos en donde cada uno de ellos realiza una función dentro del proceso (InfoPLC, 2020).



*Fig. 2 Elementos de un proceso a automatizar*

*Fuente:* (InfoPLC, 2020)

- **Elementos de entrada de órdenes:** Permite la entrada de datos y ordenes al sistema, estos pueden ser binarios y numéricos (alfanuméricos). Los elementos binarios son órdenes del tipo 1/0 (cierto/falso, si/no, etc.). El más usado en la industria es el pulsador. Los elementos numéricos permiten la entrada de números (InfoPLC, 2020), habitualmente del 0 al 9, los más usados son los preselectores digitales y teclados numéricos.
- **Elementos de entrada de información:** se clasifican según el tipo de señal o magnitud que indiquen. Por el tipo de señal se puede distinguir, los binarios que comparan la magnitud con una referencia (umbral) y la salida corresponde al resultado de la comparación (mayor/menor), los numéricos proporcionan un código numérico que es el valor de la magnitud leída y los analógicos facilitan una señal de corriente eléctrica proporcional al valor de la magnitud (InfoPLC, 2020).
- **Elementos de salida de información:** Estos se encargan entre la comunicación con el operador, pueden ser de tipo binario ya que proporciona información de tipo si/no (activado/desactivado, etc.), estos podrían ser timbres, sirenas, etc. Tipo numérico (alfanumérico) permite visualizar números y texto, los más usados son las pantallas de cristal líquido (LCD) (InfoPLC, 2020).

- **Preaccionadores y accionadores:** Los accionadores se encargan de actuar sobre el proceso, estos a menudo estos no son conectables al sistema de control por lo cual son necesarios los preaccionadores. Estos pueden ser motores eléctricos el cual necesita un contactor (interruptor) (InfoPLC, 2020).

### 2.3 MÓDULO PUENTE H L298N

El módulo puente H L298N permite controlar la velocidad y dirección de hasta 2 motores de corriente continua o motores paso a paso mediante señales TTL que se obtiene a través de microcontroladores y tarjetas de desarrollo (Arduino, Raspberry).

Este componente consta con 4 transistores que nos permite invertir el sentido de la corriente por lo que nos permite invertir el giro del motor (Prometec, 2019).



*Fig. 3 Módulo puente H L298N*

*Fuente:* (NaylampMechatronics, 2020)

El voltaje mínimo para alimentar el módulo es de 5V. Este módulo posee dos entradas, una entrada de 5V que permite controlar la parte lógica y la otra entrada es para alimentar la salida al motor con un voltaje de 5V hasta 12V (NaylampMechatronics, 2020).

### 2.3.1 CARACTERÍSTICAS

Especificaciones Técnicas	
Canales	2
Capacidad de Corriente	2A - 3A
Chip	L298N
Voltaje Lógico	5V
Consumo de Corriente	0-36mA
Voltaje de Potencia	5V-35V DC
Potencia Máxima	25W
Peso	30g

*Tabla 1* Especificaciones Técnicas modulo Puente H L298N

*Fuente: Autor*

### 2.3.2 CONEXIÓN DE ALIMENTACIÓN DEL MÓDULO

Este módulo puede ser alimentado de 2 maneras, ya sea con el jumper de 5V esté inactivo o activado.

- Cuando el jumper de 5V se encuentre activo, el módulo puede ser alimentado entre 6V-12V DC, de esta manera el pin marcado como +5V tendrá un voltaje de salida de 5V DC (NaylampMechatronics, 2020).
- Cuando el jumper de 5V se encuentre inactivo, el módulo puede ser alimentado entre 12V-35V DC, además se tendrá que suministrar un voltaje de 5V al pin +5V para alimentar la parte lógica del L298N (NaylampMechatronics, 2020).

### 2.4 SENSOR ULTRASONIDO HC-SR04

El sensor HC-SR04 es un sensor que utiliza el ultrasonido para determinar la distancia de un objeto con un rango de 30cm a 4m (Prometec, Sensor Distancia, 2020).



**Fig. 4** Sensor Ultrasonido Hc-Sr04

**Fuente:** (NaylampMechatronics, Sensor Ultrasonido HC-SR04, 2020)

El sensor HC-SR04 tiene 2 transductores: un emisor que envía 8 pulso de ultrasonido en un rango de 40 KHz que viajan por el aire y rebotan al encontrarse con un obstáculo y un receptor que detecta el rebote haciendo que el pin ECHO para así poder medir la distancia de la onda desde que fue enviada y recibida (NaylampMechatronics, Sensor Ultrasonido HC-SR04, 2020).

La distancia puede ser calculada con la siguiente formula:

$$D = \frac{\text{tiempo pulsoECHO} * \text{velocidad del sonido}}{2}$$

#### 2.4.1 CARACTERÍSTICAS

Especificaciones Técnicas	
Voltaje de Operación	5V DC
Corriente de Reposo	< 2mA
Corriente Trabajo	15mA
Rango de Medición	30cm-4m
Frecuencia de ultrasonido	40 KHz
Dimensiones	45mm*20mm*15mm

**Tabla 2** Especificaciones Técnicas HC-SR04

**Fuente:** Autor

## 2.5 SENSOR DETECTOR DE OBSTÁCULOS INFRARROJO (IR) FC-51

Este dispositivo detecta la presencia de un objeto mediante la reflexión que produce en la luz (Llamas, 2020). Este sensor este compuesto de transmisor que envía energía IR y un receptor que detecta la energía IR que es reflejada por un obstáculo. En el módulo viene incluido un potenciómetro que permite al usuario modificar el rango de detección del objeto.



*Fig. 5 Sensor Detector De Obstáculos*

*Fuente:* (ByTheWay, 2020)

### 2.5.1 CARACTERÍSTICAS

Especificaciones Técnicas	
Voltaje de Funcionamiento	3V-6V
Angulo de Cobertura	35°
Corriente Trabajo	15mA
Rango de Detección	2cm-30cm
Dimensiones	4.5*1.4*0.7(cm)

*Tabla 3 Especificaciones Sensor Infrarrojo*

*Fuente:* Autor

## 2.6 SERVOMOTOR

El servomotor es un motor especial que permite el control de la posición angular, aceleración y velocidad. El servomotor está diseñado para moverse una cantidad de grados para luego mantenerse en esa posición (Panamahitek, 2020).



*Fig. 6 Servomotor Servo SG-5010*

*Fuente:* (Tecneu, 2020)

### 2.6.1 CARACTERÍSTICAS

Especificaciones Técnicas	
Temperatura de trabajo	0°C - 55°C
Velocidad Funcionamiento	0.17 seg/60°
Ancho de Pulso	650us – 2350us
Deas Band Width	20us
Dimensiones	40.2*20.2*43.2(mm)
Voltaje de Operación	4.8V – 6V

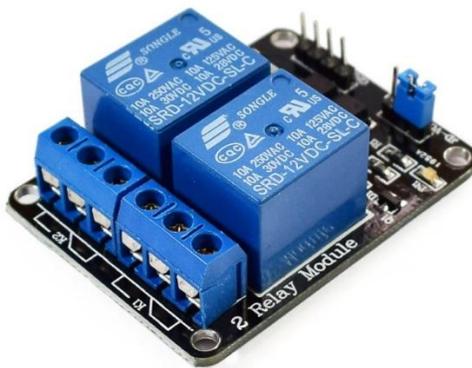
*Tabla 4 Especificaciones Servomotor*

*Fuente:* Autor

## 2.7 MÓDULO RELAY 4CH

El módulo Relay está diseñado para controlar corriente o voltaje alto que el Arduino no puede soportar, para así poder controlar elementos como bombillas, ventiladores, bombas de agua, motores, ya que estos elementos manejan alto voltaje (MicroElectronica, 2020).

El módulo Relay es capaz de manejar corriente de hasta 250V/10A, posee también un led de indicador de alimentación y un led de activación. Cada canal está aislado por medio de un optoacoplador.



*Fig. 7 Módulo Relay*

*Fuente:* (DinastiaTecnologica, 2020)

### 2.7.1 CARACTERÍSTICAS

Especificaciones Técnicas	
Voltaje de Alimentacion	12V DC
Señal de control	TTL (3.3V o 5V)
Tiempo de Accion	10ms/5ms
Capacidad Maxima	10A/250V AC; 10A/30V DC
Dimensiones	40.2*20.2*43.2(mm)

*Tabla 5 Especificaciones Módulo Relay*

*Fuente:* Autor

## 2.8 MÓDULO ARDUINO MEGA

Arduino Mega 2560 es una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega 2560, la cual cuenta con 54 pines digitales entrada y salida de los cuales 15 pines pueden ser usados como salidas PWM, tiene 16 entradas analógicas, un cristal oscilador de 16MHz, cuenta también con una conexión USB (Arduino.cl, 2020). La comunicación entre el Arduino y el computador se realiza a través de un Puerto Serie.



*Fig. 8 Módulo Arduino Mega*

*Fuente:* (Arduino, 2020)

### 2.8.1 CARACTERÍSTICAS

Especificaciones Técnicas	
Voltaje de Funcionamiento	5V DC
Voltaje de Entrada	7-12V
Microcontrolador	ATmega2560
Pines Digitales E/S	54 (15 con salida PWM)
Pines Analógicos Entrada	16
Corriente DC por pin E/S	20 mA
Flash Memory	256 KB

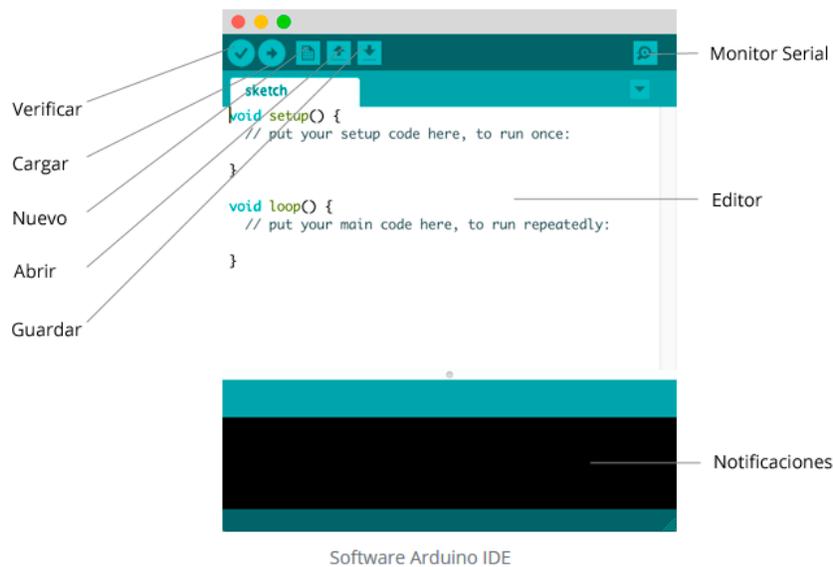
*Tabla 6 Especificaciones Módulo Arduino Mega*

*Fuente:* (Arduino, 2020)

## 2.9 SOFTWARE ARDUINO IDE

IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) es un programa informático que está compuesto por conjunto de herramientas de programación (ProgramoErgoSum, 2020), para poder desarrollar un entorno de programación con compilador, depurador para así cargar el código compilado a la memoria flash del ARDUINO.

El Arduino IDE es una plataforma de software y hardware libre, fácil de usar, el lenguaje de programación que usa es Processing, el IDE crea un fichero con extensión .ino.



**Fig. 9** IDE de Arduino

**Fuente:** (ProgramoErgoSum, 2020)

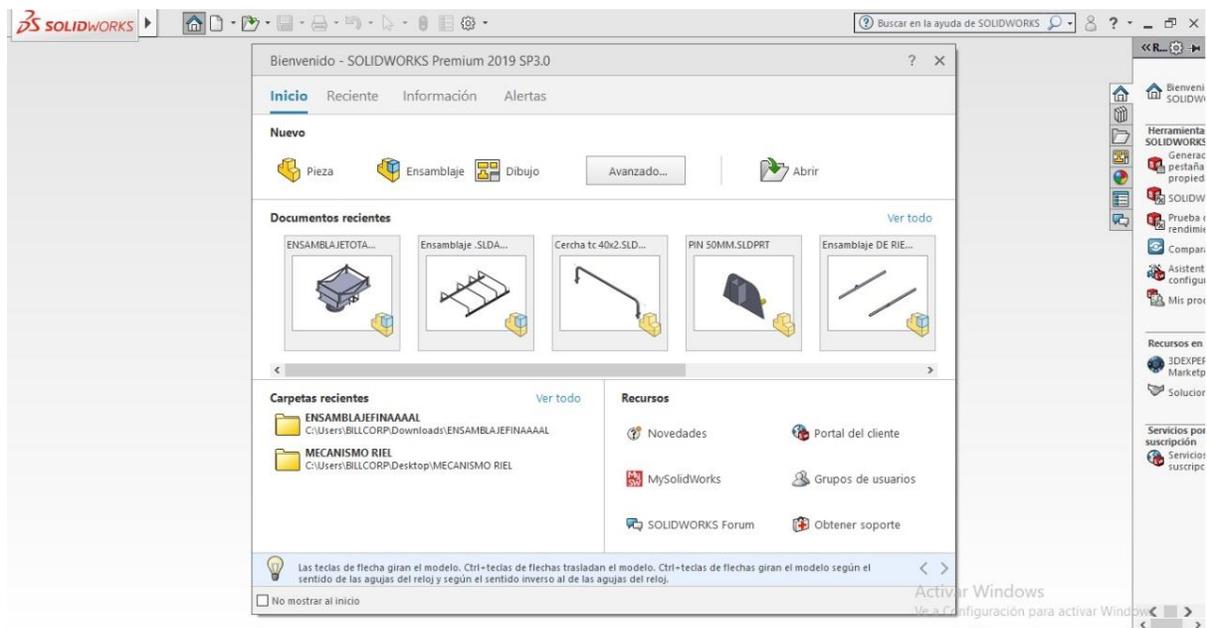
### 2.9.1 CARACTERÍSTICAS

- Posee un soporte multiplataforma de Arduino.
- Detección automática de que la placa Arduino esté conectada.
- Tiene autoguardado al momento de compilar y cargar el sketch.

## 2.10 SOFTWARE SOLIDWORKS

SolidWorks (students version) es un software de diseño CAD 3D para el modelado de piezas y ensamblaje en 3D y planos 2D (SolidBi, 2020). SolidWorks utiliza un entorno gráfico que está basado en Microsoft Windows ya que permite de manera fácil y rápida crear modelos sólidos en 3D, ensamblajes y dibujos.

SolidWorks es una herramienta importante para ingenieros y diseñadores ya que permite crear, validar, comunicar y gestionar el proceso de desarrollo de productos, con el fin de que estos funcionen correctamente antes de fabricarlos.

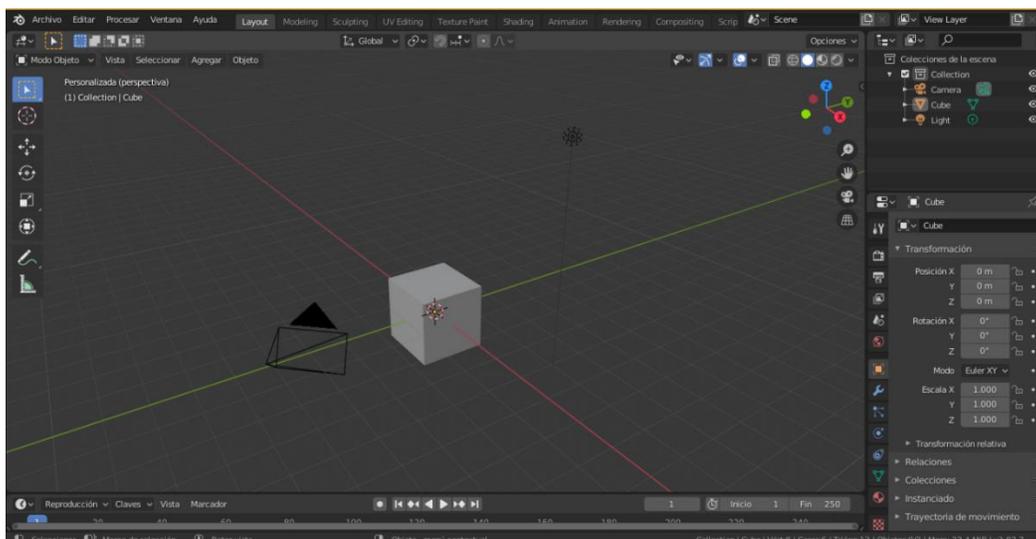


*Fig. 10 Interfaz Visual SolidWorks (studen versión)*

*Fuente: Autor*

## 2.11 SOFTWARE BLENDER

Blender 2.82 (free and open source) es un software de 3D multiplataformas el cual está orientado a artistas y profesionales en el diseño y multimedia (Blender, 2020). Este software puede ser utilizado para crear visualizaciones 3D estáticas o videos de alta calidad, posee un motor de 3D en tiempo real el cual ayuda a crear contenido tridimensional interactivo que puede ser reproducido de manera independiente. Blender es un software de uso libre, el uso y descargar es completamente gratuito.



*Fig. 11 Interfaz Visual Blender 2.82*

*Fuente: Autor*

### 2.11.1 CARACTERÍSTICAS

- Potente y versátil.
- Software libre, gratuito y multiplataforma.
- Soporte gratuito.
- Importa y exporta de múltiples formatos 3D.
- Manual multilinguaje en línea.
- Múltiples plugins gratuitos

## **2.12 AUSPICIANTE ECOSUR NETWORK**

Al existir una amplia demanda para mejorar la calidad de vida, la Fundación EcoSur se ha dedicado a encontrar y generar soluciones sostenibles con una formación dual, cerciorándose que la población disponga de tecnologías y materiales ecológicos, mediante los convenios con la Universidad Nacional de Chimborazo, el cual como objetivo principal es el desarrollo de investigación con el objetivo de ofrecer una calidad de vida excelente al ser humano en el Ecuador y el mundo. De esta forma la Fundación EcoSur brinda el apoyo necesario para el proyecto de investigación sobre la Automatización y Optimización de la máquina TEVI con su representante Ing. Diego Coloma.

## **CAPITULO III**

### **3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1 INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA**

En esta investigación fue necesario recopilar información del trabajo que se realiza en Prefabricados San Sebastián con el fin de buscar la manera óptima para automatizar la máquina TEVI, para así poder reducir costos en fabricación, mano de obra y mejorar la calidad del producto.

##### **3.1.2 INVESTIGACIÓN CUASI EXPERIMENTAL**

En la presente investigación se realizó varias recopilaciones de medición referente al tiempo que se demora en fabricar una teja de microconcreto, como es el tiempo de vibración del motor de la máquina TEVI, tiempo total en la fabricación de la teja. Obteniendo en una tabla de Excel los datos recolectados (Anexo 7.), para así poder realizar un análisis del tiempo de cada uno de los procesos que realiza la máquina TEVI, permitiéndonos la funcionabilidad correcta de nuestra automatización de la máquina TEVI.

#### **3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

Esta investigación se realizó teniendo claro el funcionamiento de la máquina TEVI manual , para así poder determinar los componentes necesarios para realizar la automatización (y optimización) y que esta funcione correctamente en su implementación. Esta automatización y optimización se diseñó con los softwares: SketchUp-MSPhysics, SolidWorks y Proteus además de una animación en Blender.

### 3.3 TÉCNICA

Se ocupó la técnica de observación puesto que en este proyecto se debe tener en cuenta el tiempo exacto del funcionamiento de cada uno de los procesos de la máquina TEVI para así poder cumplir con los objetivos del proyecto de investigación.

### 3.4 FUENTES DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

En este proyecto de investigación se recopiló información de diferentes medios acerca de la automatización como: páginas web, papers, libros de texto específicos, documentos web, software libre y versiones demo para diseño, datasheet de sensores que se utilizaron, las mismas que fueron obtenidas a través del internet ya que es una de las herramientas más utilizadas en la actualidad con información actualizada.

### 3.5 INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los instrumentos utilizados en el proyecto de investigación son:

- **Procesos cuasi experimentales:** Se tomaron en cuenta los requisitos previos y la planificación y además se analizaron las variables necesarias para el diseño del sistema automatizado de la máquina TEVI así como también se comprobó el correcto funcionamiento correcto del software (recolección de datos obtenidas por los diferentes sensores).
- **Análisis de documentos:** Se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica y una detallada lectura de artículos científicos de impacto, para el diseño, automatización y optimización de procesos en la industria.

### 3.6 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

#### 3.6.1 Variable Independiente

Diseño de la automatización de la máquina TEVI para la fabricación de Tejas de microconcreto.

### **3.6.2 Variable Dependiente**

Optimización del proceso en la fabricación de la TMC y reducción del costo de esta.

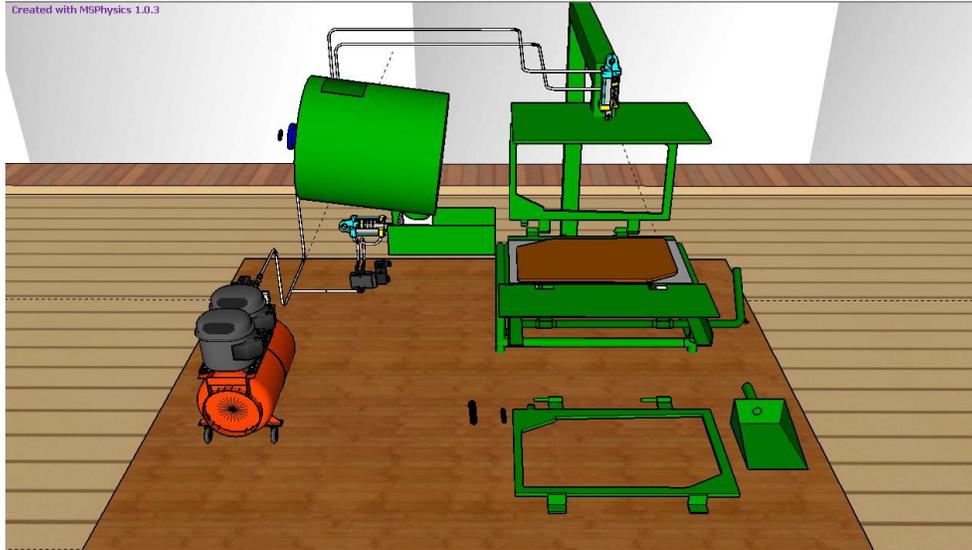
## **3.7 DESARROLLO**

Para poder desarrollar la automatización y optimización de la máquina TEVI en primer lugar, se tuvo que hacer un despiece de cada una de los componentes de dicha máquina porque la Fundación EcoSur-Ecuador posee pocos planos de la máquina TEVI, con ayuda de un calibrador que posee una precisión de 1/20-0.05 mm se tomaron las medidas de cada una de las piezas de la TEVI para posteriormente poder graficarlo en el software SolidWorks versión estudiantes y así poder obtener todos los planos de la máquina TEVI. Para poder desarrollar la animación del funcionamiento de la automatización se utilizó Blender, ya que este es un software de uso gratuito además que permite importar archivos .obj, .dae(collada file) y .stl y así poder trasladar los archivos de SketchUp y SolidWorks a Blender con mucha facilidad.

El diseño para la automatización de la máquina TEVI está conformada por el bloque que corresponde a la MEZCLADORA-HOMOGENEIZADORA el cual se encarga de mezclar, homogeneizar y mantener la mezcla de microconcreto en óptimas condiciones para luego ser trasladada a la máquina TEVI por medio de una banda transportadora. El bloque que corresponde a la PRENSA se encargara de distribuir la mezcla de microconcreto de manera uniforme alrededor del molde.

### **3.7.1 DISEÑO EN SKETCHUP**

El primer diseño de la automatización y optimización de la máquina TEVI se realizó en el software SketchUp versión prueba, el cual se presentó a la Fundación EcoSur con la finalidad de obtener el apoyo necesario en este proyecto de investigación.



*Fig. 12 Diseño en SketchUp*

*Fuente: Autor*

### 3.7.2 DISEÑO DE PIEZAS EN SOLIDWORKS

Para poder empezar con los respectivos diseños y planos par la automatización, primero se procedió a desarmar la máquina TEVI para poder comprender su funcionamiento y así poder desarrollar la automatización.

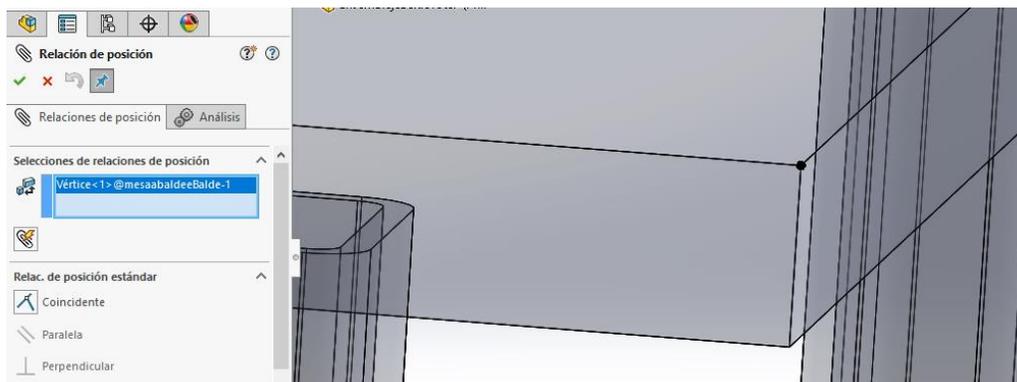


*Fig. 13 Despiece de la máquina TEVI*

*Fuente: Autor*

Para iniciar con el proceso de dibujo de cada pieza, utilizando SolidWorks (student version) se debe tener en cuenta estos siguientes parámetros:

- **Origen:** Es muy importante al momento de iniciar con nuestro dibujo, aquí es desde dónde nos referenciamos para cualquier trazo del dibujo. Se lo puede reconocer por el aspecto que posee de dos flechas azules, además este representa el punto de coordenadas (0,0,0) del modelo.
- **Plano:** En el plano podemos utilizar planos con el fin de agregar un croquis en 2D con sus respectivas medidas, una vista de sección de un modelo, o un plano neutro en una operación, cabe recalcar que para iniciar con el modelaje es obligatorio de ubicarse en un plano dependiendo del usuario y de la manera que se acomoden.
- **Cara:** Una cara nos ayudan a limitar a la contribución en la definición de la forma de un modelo o superficie, además es un área (plana o no) de un modelo en las superficies susceptible de ser seleccionada.
- **Vértice:** Punto en dónde se pueden tomar en cuenta la intersección dos o más líneas o aristas. Podemos seleccionar vértices para operaciones de croquizar y acotar.



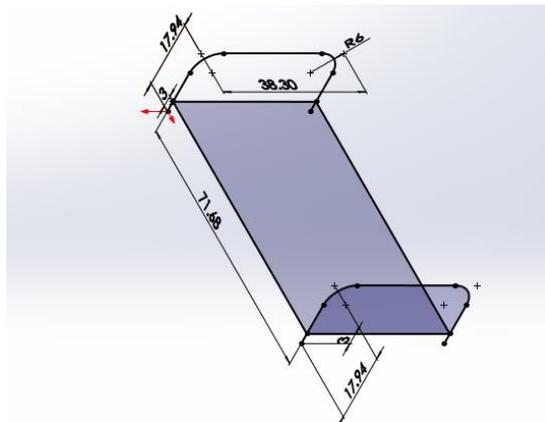
*Fig. 14 Parámetros para el diseño en SolidWorks*

*Fuente: Autor*

### 3.7.2.1 Procesos necesarios para el diseño de la automatización

Los procesos que se han identificado para realizar los diseños de modelación en SolidWorks son:

1. Identificar todos los requisitos, detalles y medidas con el menor error posible para iniciar el modelado.
2. Conceptualización del modelo en función de las necesidades identificadas.
3. Desarrollo del modelo según los conceptos, además mediante la visualización de nuestra máquina.
4. Análisis del modelo.
5. Generación del prototipo del modelo.
6. Construcción del modelo.
7. Edición del modelo, si fuera necesario, la edición del modelado fue muy esencial al momento de desarrollar nuestro ensamblaje.



*Fig. 15 Procesos para el diseño*

*Fuente: Autor*

### 3.7.2.2 Método para el diseño

Antes de iniciar con el diseño de nuestro prototipo propiamente dicho, es conveniente identificar posibles problemas y utilizar uno o varios métodos de creación del modelo, para evitar que se sobre dimensiones, así evitando el menor número posible de operaciones.

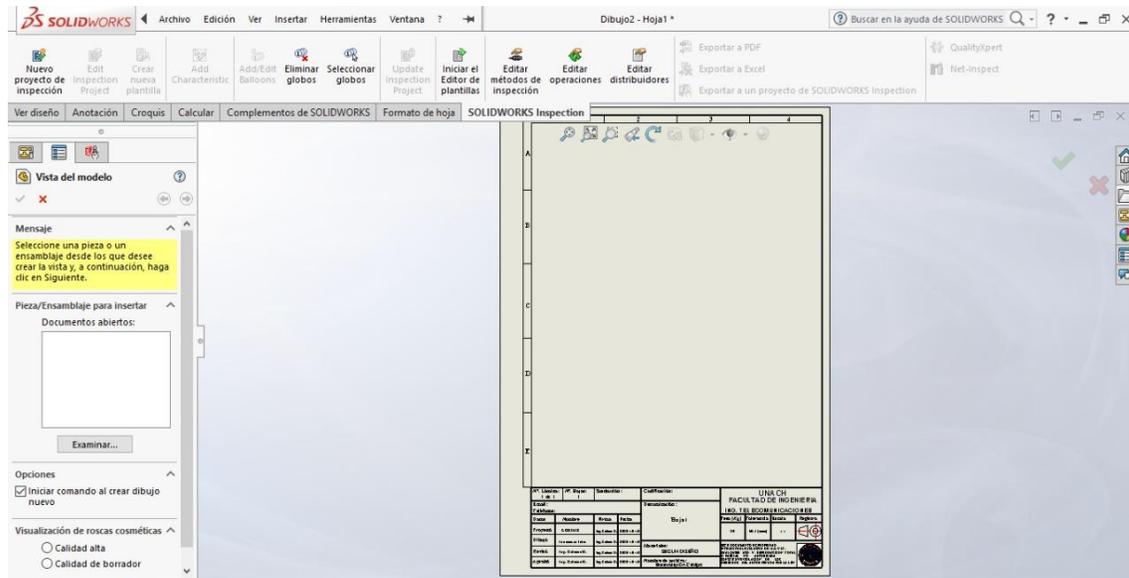
En cuanto ya tengamos identificado las necesidades de cada una de las piezas, las mismas aislándolas con los conceptos adecuados, puede empezar a desarrollar el modelo:

1. Creamos los croquis necesarios, debemos identificar nuestro origen y en que planta trabajaremos.
2. Decidir cómo serán nuestras líneas de trabajo, estas pueden ser de líneas de construcción u horizontales o verticales, también es muy importante poner nuestras cotas no sobredimensionando nuestro plano y dónde se aplicarán relaciones de posición.
3. Las operaciones debemos seleccionar adecuadamente, como extrusiones y redondeos, el mismo que nos determinará las mejores operaciones que puede aplicar y decida en qué orden las realizaremos.
4. Al momento de estar en el ensamblaje, es muy importante seleccionar los componentes que tendrán una relación de posición, los tipos de relaciones de posición a aplicar, es muy importante las relaciones de posiciones que creemos entre nuestros objetos, debido a que estos determinarán el debido comportamiento para poder visualizar nuestro trabajo final.

### **3.7.2.3 Proceso para realizar los planos**

Los dibujos o planos finales se crearán a partir de modelos de pieza o de ensamblaje. En nuestro trabajo los dibujos pueden verse en varias vistas como las 3 vistas estándar que son: Vista frontal, vista superior, vista laterales y las vistas isométricas, que en este caso son nuestras vistas en 3 dimensiones.

Es muy importante al momento de realizar nuestros planos, aquí identificaremos cada cota necesaria para el momento de la construcción, además hemos identificado el peso que tendrá cada elemento, en que sitio se colocará y muchos más detalles que poseen cada miembro de nuestro proyecto.

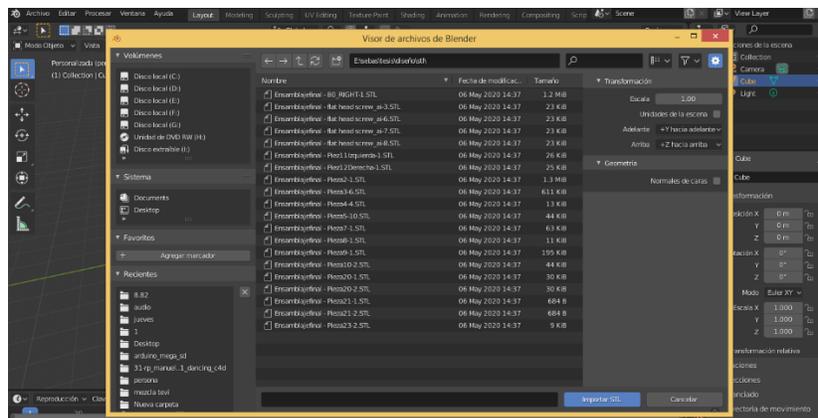


*Fig. 16 Generar planos en SolidWorks*

*Fuente: Autor*

### 3.7.3 PROCESO PARA LA ANIMACIÓN EN BLENDER

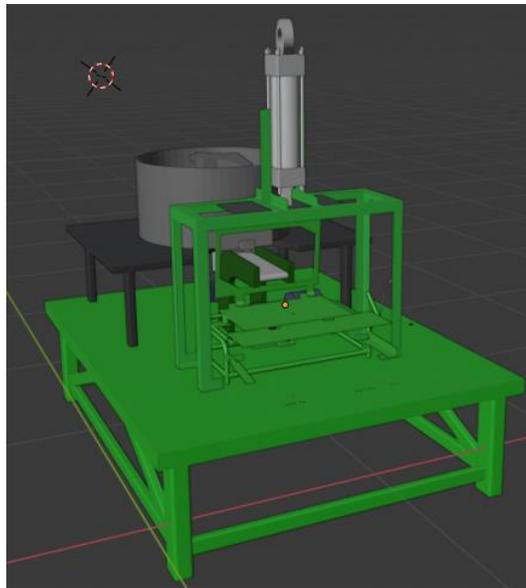
Para poder realizar la animación en Blender en primer lugar se debe tener los diseños ya realizados en SolidWorks con una extensión STL para así poder importarlos a Blender.



*Fig. 17 Importar archivos .STL a Blender*

*Fuente: Autor*

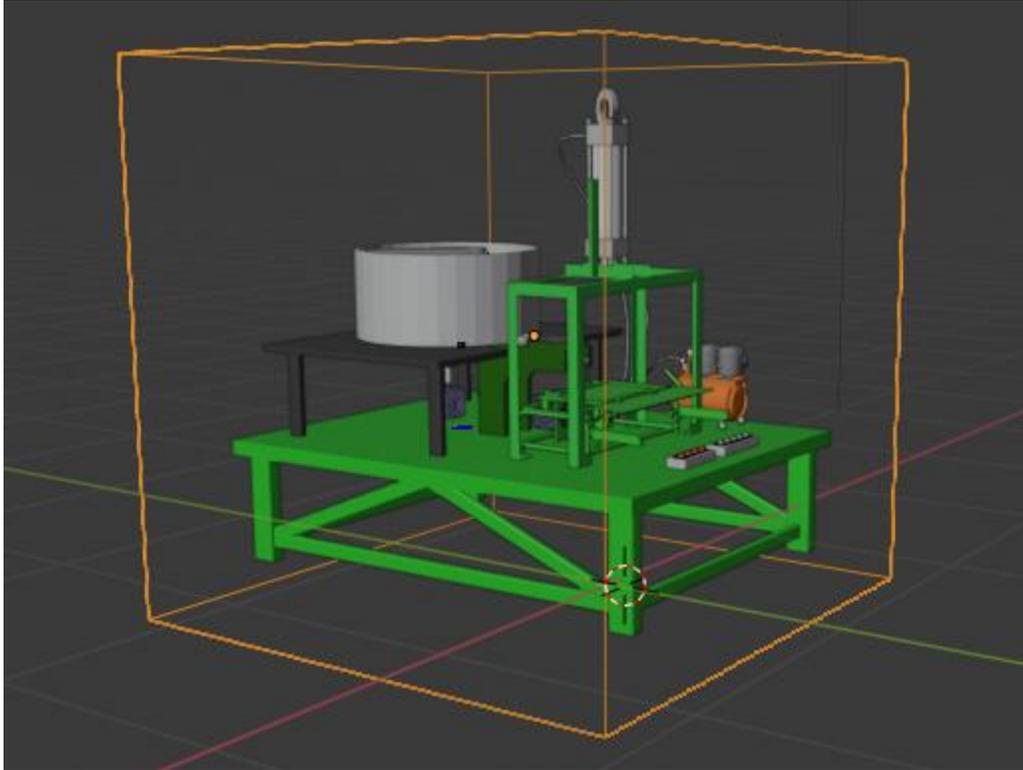
Una vez importado todos los componentes a Blender se procederá a identificar los elementos que deberán ser animados. La animación se realizará a través de fluidos ya que esta opción nos ayudará a animar el movimiento de la mezcla de microconcreto y poder ver su comportamiento por el transcurso de todo el proceso de la automatización.



**Fig. 18** *Identificación de elementos a animar*

**Fuente:** *Autor*

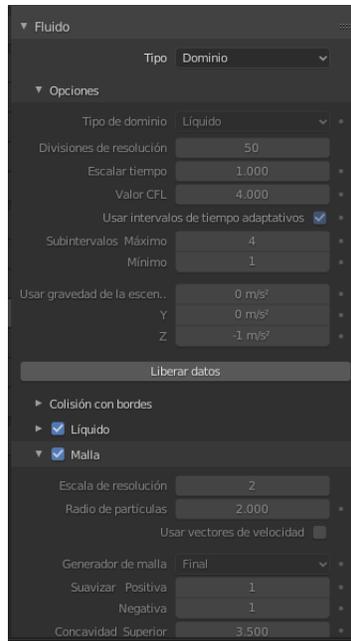
Para poder realizar la animación de fluidos se debe tener en cuenta todo el espacio en el cual va ocurrir la animación, ya que el fluido recorrerá todo ese espacio y todo lo que no pertenezca a ese espacio no se podrá realizar la animación de fluido.



*Fig. 19 Limitando el espacio para la animación de fluidos*

*Fuente: Autor*

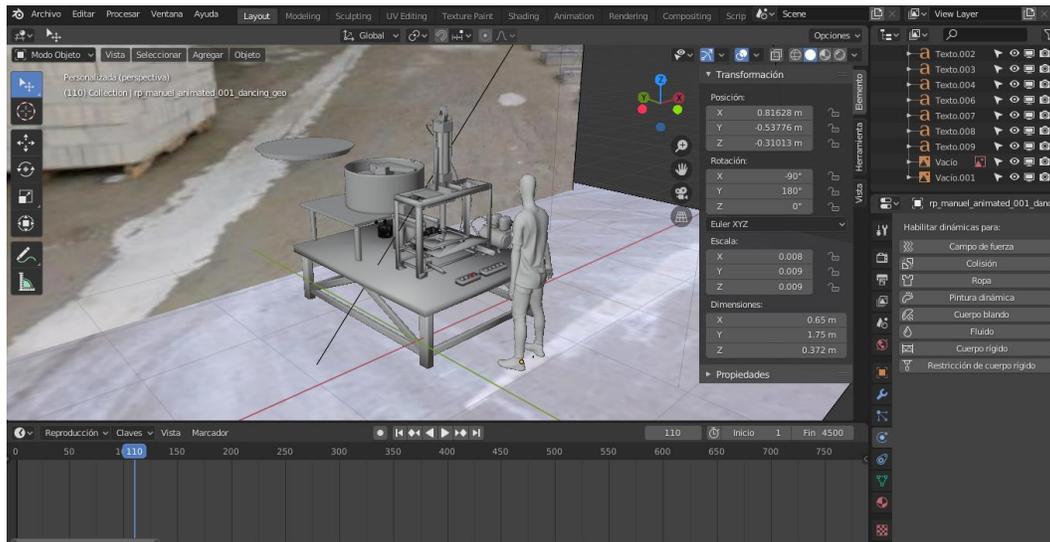
Una vez ya determinada el área d trabajo se procederá hacer la configuración exacta para el fluido, este se realizará por medio de una opción que proporciona Blender.



**Fig. 20** Configuración de fluidos

**Fuente:** Autor

Una vez ya configurado todos los elementos donde va interactuar el fluido (microconcreto) se procese a renderizar, el tiempo que tarda en renderizar la animación ya depende del procesador con el cual se esté trabajando. Para finalmente obtener la animación funcionando correctamente.

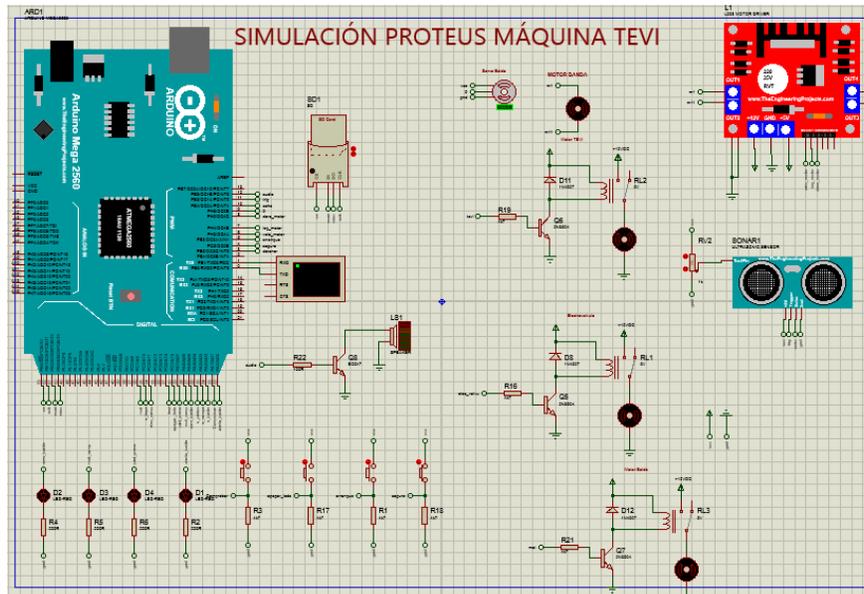


**Fig. 21** Resultado final de la animación en Blender.

**Fuente:** Autor

### 3.7.4 DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO

Para realizar el correcto diseño del funcionamiento para la automatización y optimización se utilizó el software Isis Proteus 8 (demo version), el cual es usado ampliamente en el ámbito electrónico para realizar proyectos de distinta índole y posee además una gran biblioteca de librerías para crear simulaciones.



*Fig. 22 Diseño del circuito en Isis Proteus*

*Fuente: Autor*

### ARDUINO MEGA

El Arduino Mega es el microcontrolador principal de la automatización. Se encargará de recolectar los datos de los sensores, accionamiento de los relays para así poder ejecutar cada uno de los procesos en la automatización.

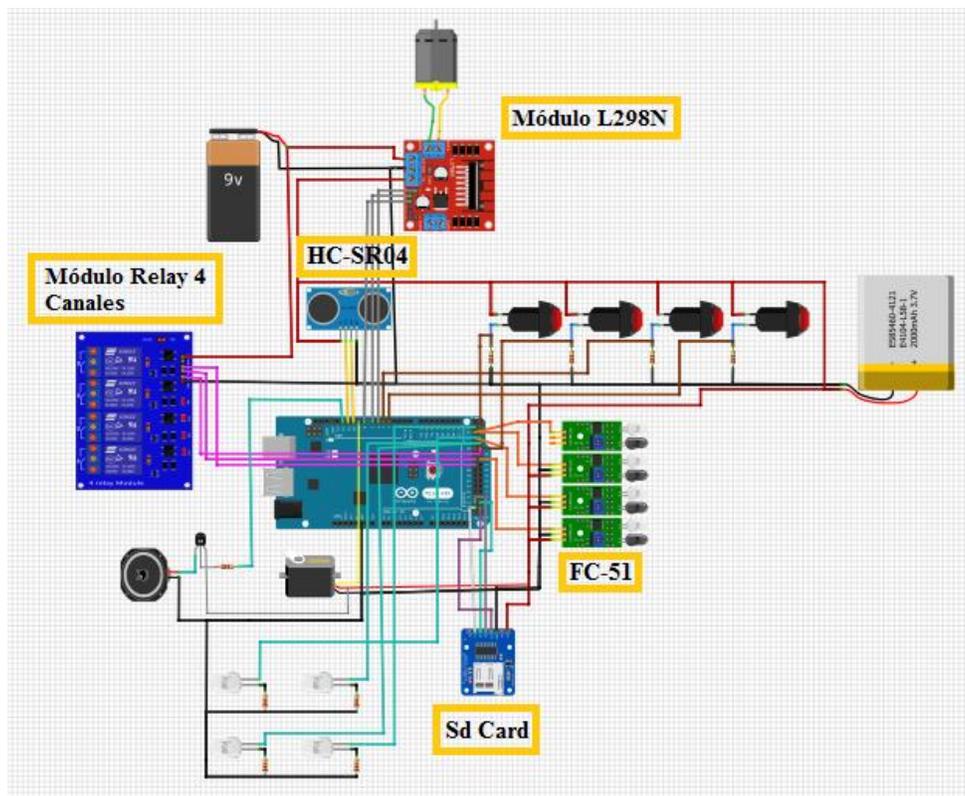
## SENSORES

### Sensor de distancia

Para determinar si el balde homogeneizador se encuentra vacío o con mezcla de microconcreto se utilizó un sensor HC-SR04, ya que este es considerado uno de los mejores sensores para determinar la distancia que existe entre objetos. Posee 4 pines donde el pin GND es la conexión a tierra, pin VCC es la alimentación de 5V, pin TRIG envía información al transductor izquierdo para le envíe pulsos ultrasonido, el pin ECHO se encarga de recibir el ultrasonido que fue enviado previamente.

### Sensor infrarrojo

Para determinar el funcionamiento correcto de cada uno de los procesos de la automatización se utilizó sensores FC-51, porque estos permitirán saber si algún objeto ha pasado por el sensor. Este sensor consta de 3 pines el pin GND es su conexión a tierra, pin VCC es la alimentación de 5V y el pin OUT el cual enviará una señal cuando algún objeto pase por él, este tipo de señal puede ser 0/1 para poder ser interpretada por el Arduino Mega.



*Fig. 23 Conexión de los componentes en Arduino Mega*

*Fuente: Autor*

### 3.7.5 ANÁLISIS DE DATOS

#### SOFTWARE SPSS

El Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) es un programa orientado a realizar análisis estadísticos mediante la captura y análisis de datos de forma cualitativa y cuantitativa, para así crear tablas y graficas con data compleja además posee una gestión de datos a gran volumen.

18 : Vibracion31 Visible: 40 de 40 variables

	Teja11	Vibracion 11	Teja12	Vibracion 12	Teja1Total	Vibracion 1Total	Teja21	Vibracion 21	Teja22	Vibracion 22	Teja23	Vibracion 23	Teja2Total	Vibracion 2Total	Teja31	V
1	170,00	48,00	59,00	43,00	170,00	48,00	46,00	30,00	62,00	17,00	73,00	40,00	46,00	30,00	42,00	
2	50,00	40,00	54,00	32,00	50,00	40,00	55,00	27,00	57,00	27,00	63,00	28,00	55,00	27,00	263,00	
3	60,00	39,00	47,00	44,00	60,00	39,00	58,00	22,00	63,00	32,00	55,00	19,00	58,00	22,00	56,00	
4	50,00	48,00	49,00	34,00	50,00	48,00	58,00	17,00	70,00	32,00	59,00	29,00	58,00	17,00	50,00	
5	44,00	32,00	130,00	47,00	44,00	32,00	55,00	24,00	78,00	40,00	72,00	23,00	55,00	24,00	62,00	
6	63,00	47,00	56,00	42,00	63,00	47,00	58,00	26,00	66,00	27,00	58,00	24,00	58,00	26,00	58,00	
7	95,00	34,00	63,00	42,00	95,00	34,00	60,00	22,00	68,00	34,00	112,00	39,00	60,00	22,00	51,00	
8	45,00	42,00	65,00	47,00	45,00	42,00	59,00	25,00	101,00	37,00	56,00	25,00	59,00	25,00	69,00	
9	46,00	45,00	100,00	41,00	46,00	45,00	56,00	25,00	68,00	28,00	60,00	27,00	56,00	25,00	58,00	
10	51,00	35,00	48,00	36,00	51,00	35,00	69,00	30,00	57,00	38,00	53,00	24,00	69,00	30,00	63,00	
11	48,00	35,00	55,00	39,00	48,00	35,00	59,00	25,00	73,00	26,00	72,00	32,00	59,00	25,00	56,00	
12	58,00	48,00	48,00	39,00	58,00	48,00	69,00	21,00	66,00	43,00	58,00	29,00	69,00	21,00	82,00	
13	130,00	33,00	60,00	45,00	130,00	33,00	79,00	29,00	64,00	32,00	54,00	22,00	79,00	29,00	58,00	
14	46,00	40,00	62,00	38,00	46,00	40,00	72,00	29,00	54,00	23,00	53,00	24,00	72,00	29,00		
15	51,00	33,00	118,00	32,00	51,00	33,00	69,00	20,00	52,00	27,00	54,00	27,00	69,00	20,00		
16	59,00	44,00	55,00	32,00	59,00	44,00	79,00	26,00	51,00	21,00	59,00	30,00	79,00	26,00		
17	76,00	32,00	49,00	30,00	76,00	32,00	75,00	28,00	58,00	24,00	58,00	23,00	75,00	28,00		
18	64,00	47,00	57,00	28,00	64,00	47,00	80,00	32,00	55,00	28,00	64,00	27,00	80,00	32,00		
19	60,00	43,00	49,00	33,00	60,00	43,00	78,00	29,00	57,00	31,00	385,00	20,00	78,00	29,00		
20	113,00	38,00	59,00	37,00	113,00	38,00	88,00	31,00	56,00	27,00	57,00	21,00	88,00	31,00		
21	54,00	42,00	55,00	40,00	54,00	42,00	98,00	28,00	58,00	27,00	53,00	21,00	98,00	28,00		
22	46,00	43,00	110,00	35,00	46,00	43,00	200,00	25,00	53,00	23,00	58,00	21,00	200,00	25,00		

Vista de datos Vista de variables

**Fig. 24** Datos en SPSS

*Fuente: Autor*

A continuación se estudia el comportamiento de los datos recolectados en el tiempo de fabricación de la teja de microconcreto, para eso se tomará los datos de 5 días aleatorios de trabajo y mediante el software IBM SPSS se realizara una representación gráfica de los datos recolectados en un día de trabajo.

14 de Enero 2020			4horas de trabajo					
TIEMPO EN SEGUNDOS								
Primera Tanda			Segunda Tanda			Tercera Tanda		
N°	TIEMPO TEJA	TIEMPO VIBRACION	N°	TIEMPO TEJA	TIEMPO VIBRACION	N°	TIEMPO TEJA	TIEMPO VIBRACION
1	46	30	1	62	17	1	73	40
2	55	27	2	57	27	2	63	28
3	58	22	3	63	32	3	55	19
4	58	17	4	70	32	4	59	29
5	55	24	5	78	40	5	72	23
6	58	26	6	66	27	6	58	24
7	60	22	7	68	34	7	112	39
8	59	25	8	101	37	8	56	25
9	56	25	9	68	28	9	60	27
10	69	30	10	57	38	10	53	24
11	59	25	11	73	26	11	72	32
12	69	21	12	66	43	12	58	29
13	79	29	13	64	32	13	54	22
14	72	29	14	54	23	14	53	24
15	69	20	15	52	27	15	54	27
16	79	26	16	51	21	16	59	30
17	75	28	17	58	24	17	58	23
18	80	32	18	55	28	18	64	27
19	78	29	19	57	31	19	385	20
20	88	31	20	56	27	20	57	21
21	98	28	21	58	27	21	53	21
22	200	25	22	53	23	22	58	21
23	80	24	23	55	25	23	58	23
24	77	32	24	56	27	24	69	26
25	78	30	25	61	37	25	60	29
26	77	21	26	56	29	26	80	29
27	100	29	27	57	30	27	66	26
28	79	26	28	71	34	28	65	24
29	80	36	29	69	31	29	57	27
30	80	24	30	52	23	30	59	21
31	82	35	31	52	22	31	62	23
32	84	28	32	54	26	32	55	26
33	83	32	33	54	21	33	62	26
34	88	36	34	57	31	34	57	26
35	97	28	35	59	30	35	67	34

N°	TIEMPO TEJA	TIEMPO VIBRACION				N°	TIEMPO TEJA	TIEMPO VIBRACION
36	76	26				36	124	31
37	89	33				37	61	29
38	63	31				38	58	26
39	90	27				39	57	28
40	60	27				40	66	30
41	70	26						
42	80	17						

**Tabla 7** Datos de un día aleatorio

**Fuente:** Autor

En la **Tabla 7** Datos de un día aleatorio se observa las variables de tiempo tanto de vibración y fabricación de una teja de microconcreto que se obtuvieron en uno de los días de trabajo.

Estadísticos					
Teja2Total			Vibracion2Total		
N	Válido	117	N	Válido	117
	Perdidos	43		Perdidos	43
Media		70,4444	Media		27,4188
Mediana		62,0000	Mediana		27,0000
Desv. Desviación		34,60228	Desv. Desviación		5,00041
Rango		339,00	Rango		26,00
Mínimo		46,00	Mínimo		17,00
Máximo		385,00	Máximo		43,00

**Tabla 8** Datos SPSS de un Día aleatorio

**Fuente:** Autor

Los valores estadísticos como la media definen el promedio de todos los valores de un día aleatorio de trabajo el cual es 70.44 segundos para la fabricación de la teja y 27 segundos para la vibración de la teja.

### Informe

	Teja1Total	Teja2Total	Teja3Total	Teja4Total	Teja5Total
Media	68,1194	70,4444	72,0813	69,4854	71,2464
N	67	117	160	103	69
Desv. Desviación	37,48556	34,60228	53,20566	8,50013	11,26735

**Tabla 9** Media del tiempo de fabricación de la teja

*Fuente: Autor*

### Informe

	Vibracion1Total	Vibracion2Total	Vibracion3Total	Vibracion4Total	Vibracion5Total
Media	38,1493	27,4188	25,3000	35,0874	35,0290
N	67	117	160	103	69
Desv. Desviación	5,75050	5,00041	4,52498	5,86800	5,97783

**Tabla 10** Media del tiempo de vibración de la teja

*Fuente: Autor*

En la **Tabla 9** Media del tiempo de fabricación de la teja y **Tabla 10** Media del tiempo de vibración de la teja se muestra la media tanto del tiempo de vibración y el tiempo total de la fabricación de tejas en segundos, de los diferentes 5 días de trabajo. Esta media es una referencia de los tiempos para cada uno de los subprocesos en la automatización de la máquina TEVI y así poder optimizar de una manera más eficiente.

## CAPÍTULO IV

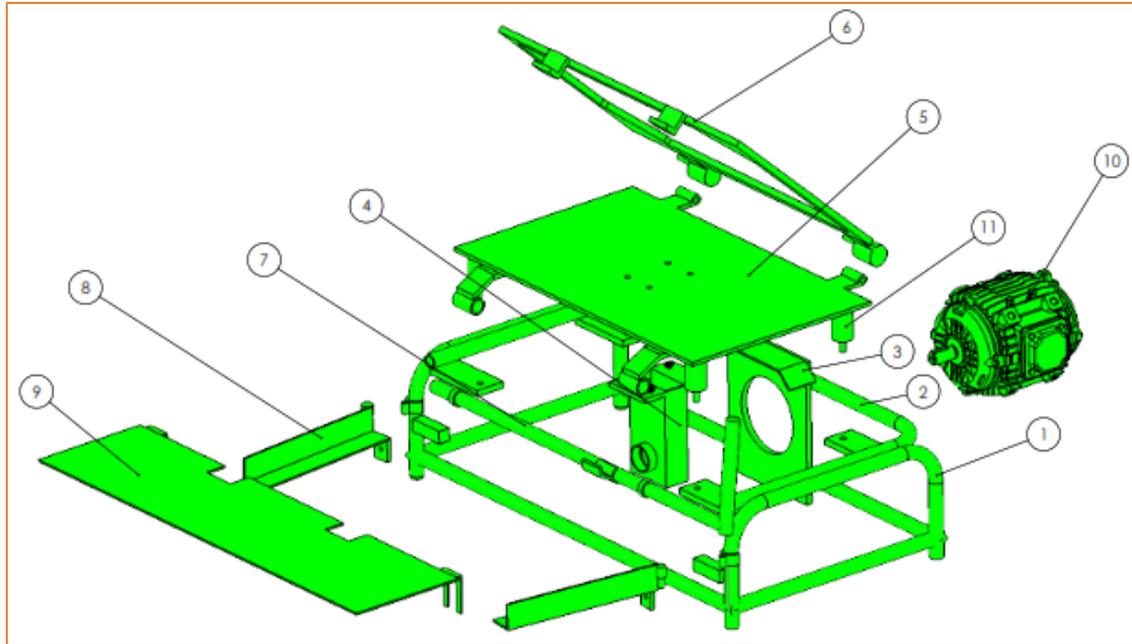
### 4 RESULTADOS

#### 4.1 RESULTADOS EN EL SOFTWARE SOLIDWORKS

En este capítulo se muestran los resultados de la investigación que se obtuvieron con el software SolidWorks para el diseño de cada una de las piezas a desarrollar para la automatización de la máquina TEVI, para posteriormente desarrollar los planos para la construcción de dicha máquina.

##### 4.1.1 Estructura de la máquina TEVI para la fabricación de tejas TMC

- 1= Marco Chasis Corto
- 2= Mesa Vibradora
- 3= Soporte de Motor Eléctrico
- 4= Soporte Eje Vibrador
- 5= Marco Metálico para TMC
- 6= Marco Metalito para Cumbreira
- 7= Brazo Para Molde
- 8= Resorte Brazo Porta Molde
- 9= Bandeja Frontal
- 10= Motor Eléctrico
- 11= Soporte Goma



*Fig. 25 Despiece de la máquina TEVI de la fundación EcoSur.*

*Fuente: Autor*

## 4.1.2 Planos correspondientes de la máquina TEVI

### 4.1.2.1 Plano MARCO CHASIS de máquina TEVI

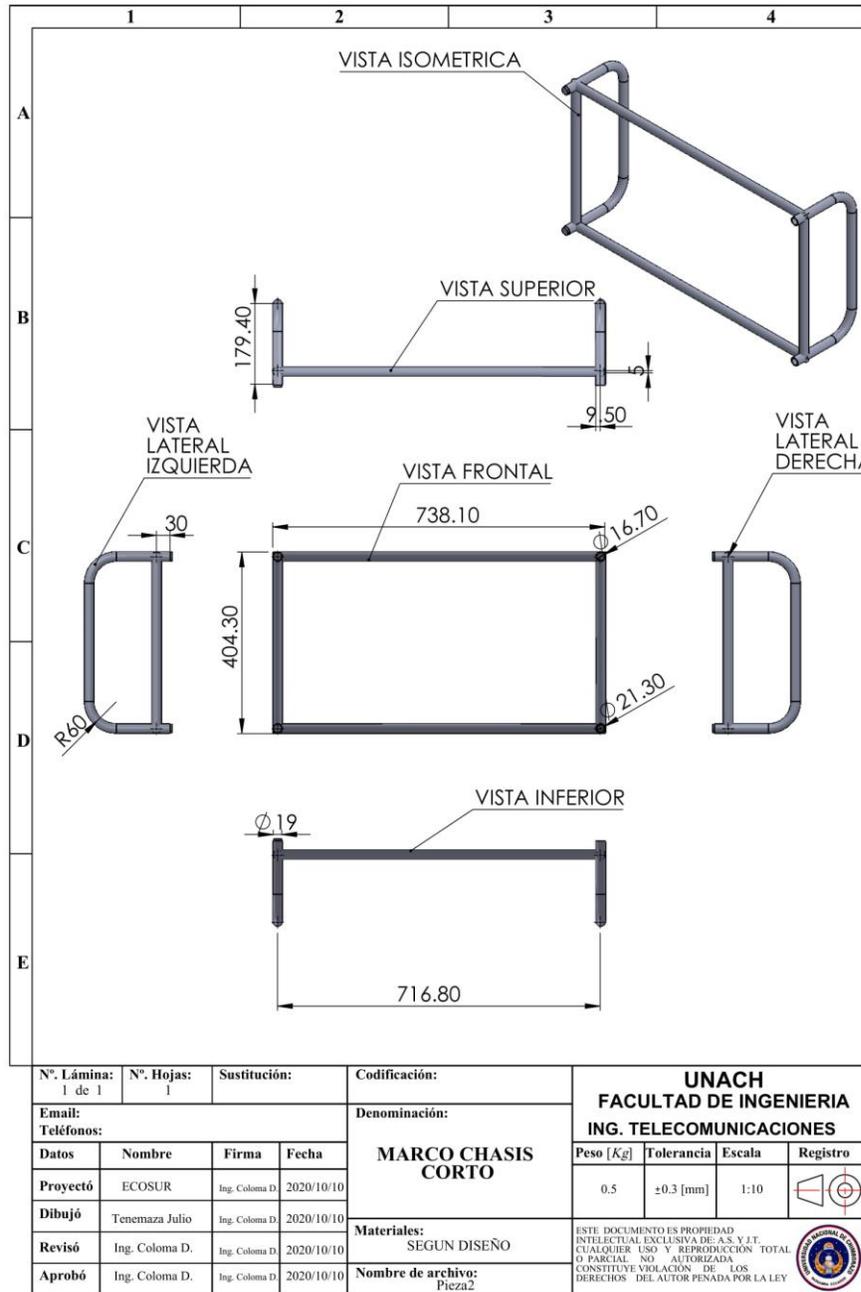
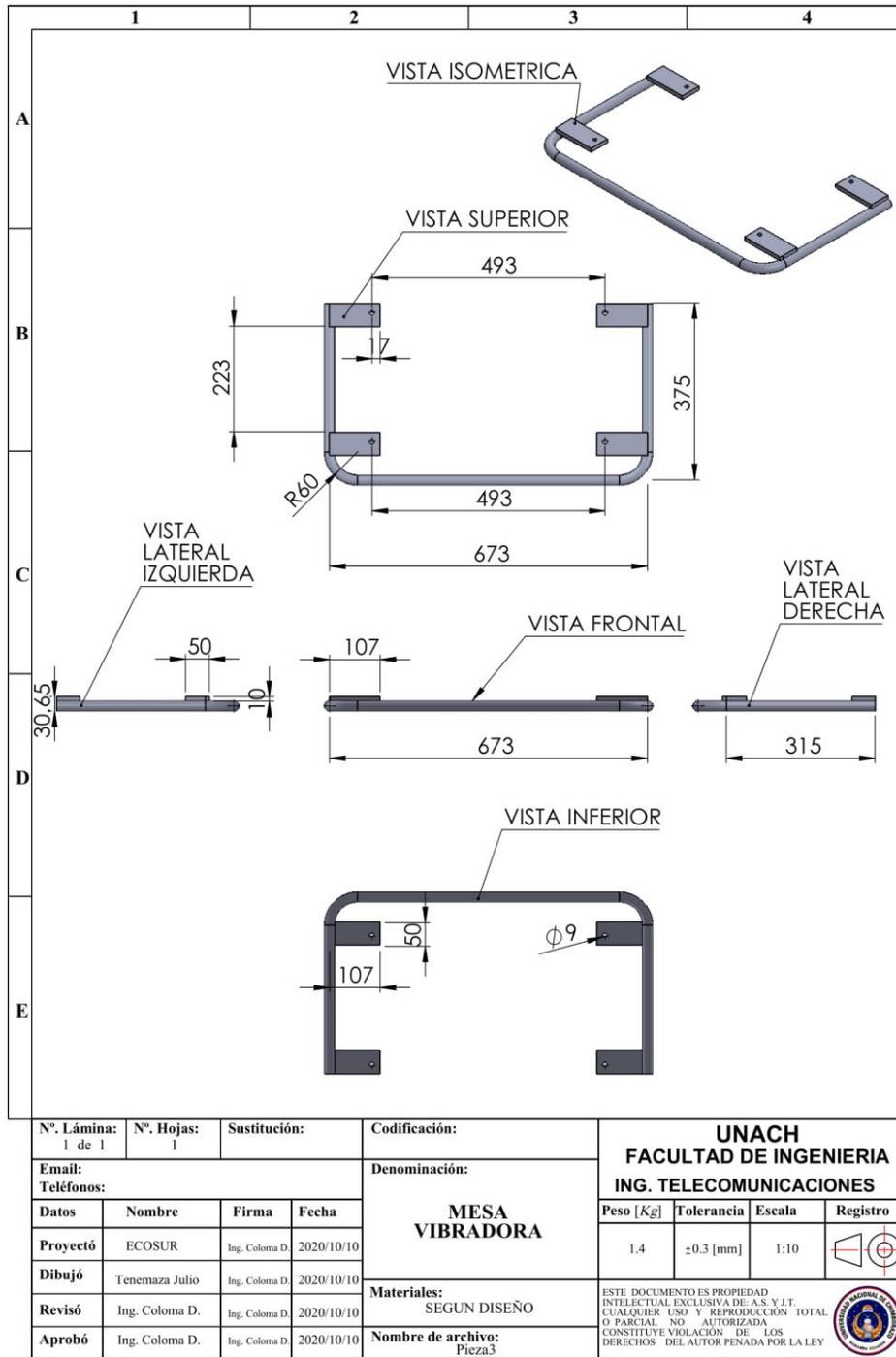


Fig. 26 Plano correspondiente al chasis

Fuente: Autor

### 4.1.2.2 Plano SOPORTE DE MESA VIBRADORA de máquina TEVI



*Fig. 27 Plano correspondiente mesa vibradora*

*Fuente: Autor*

### 4.1.2.3 Plano BANDEJA FRONTAL de máquina TEVI

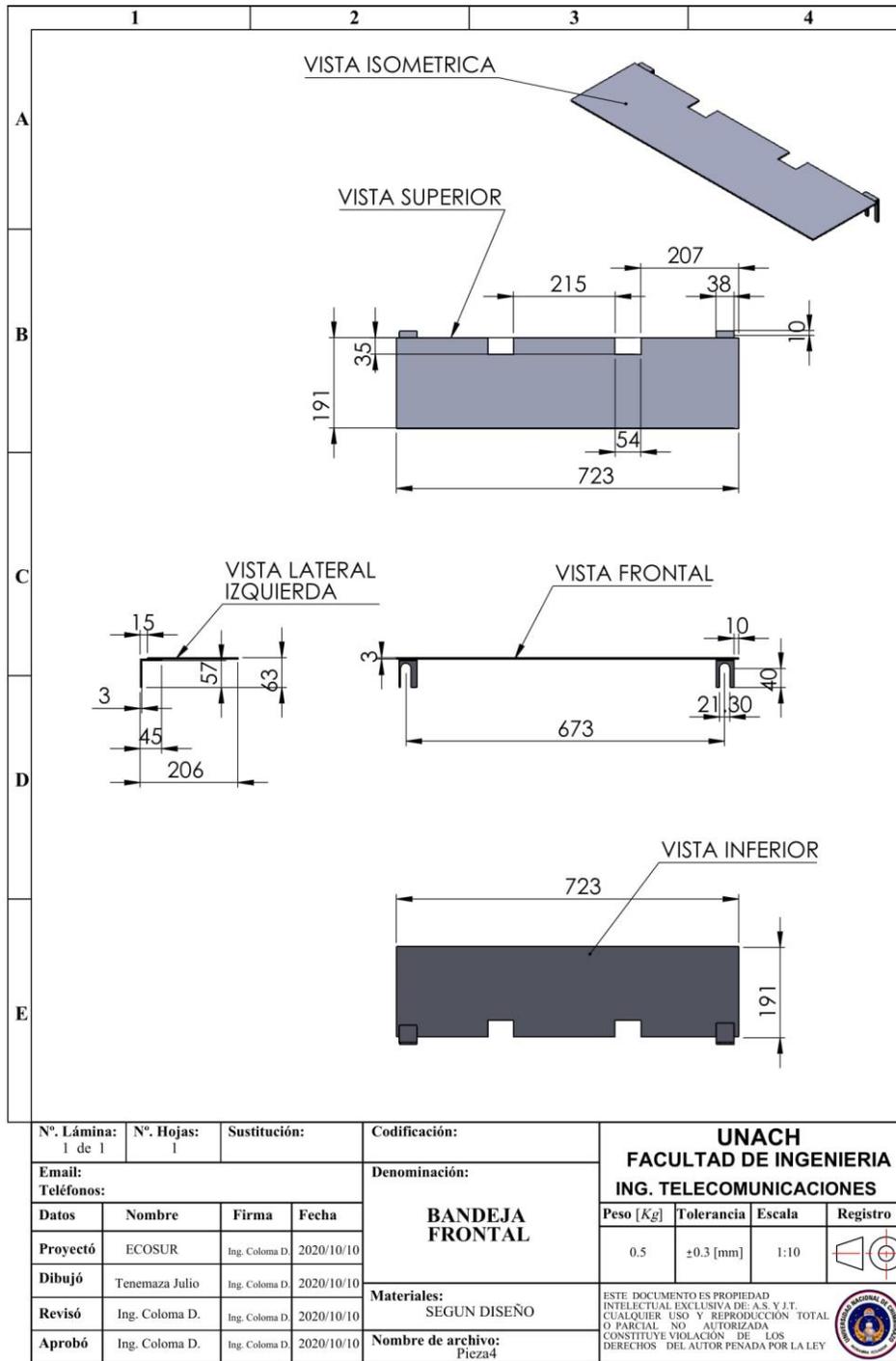


Fig. 28 Plano de bandeja frontal

Fuente: Autor

#### 4.1.2.4 Plano MARCO METALITO PARA CUMBRERA de máquina TEVI

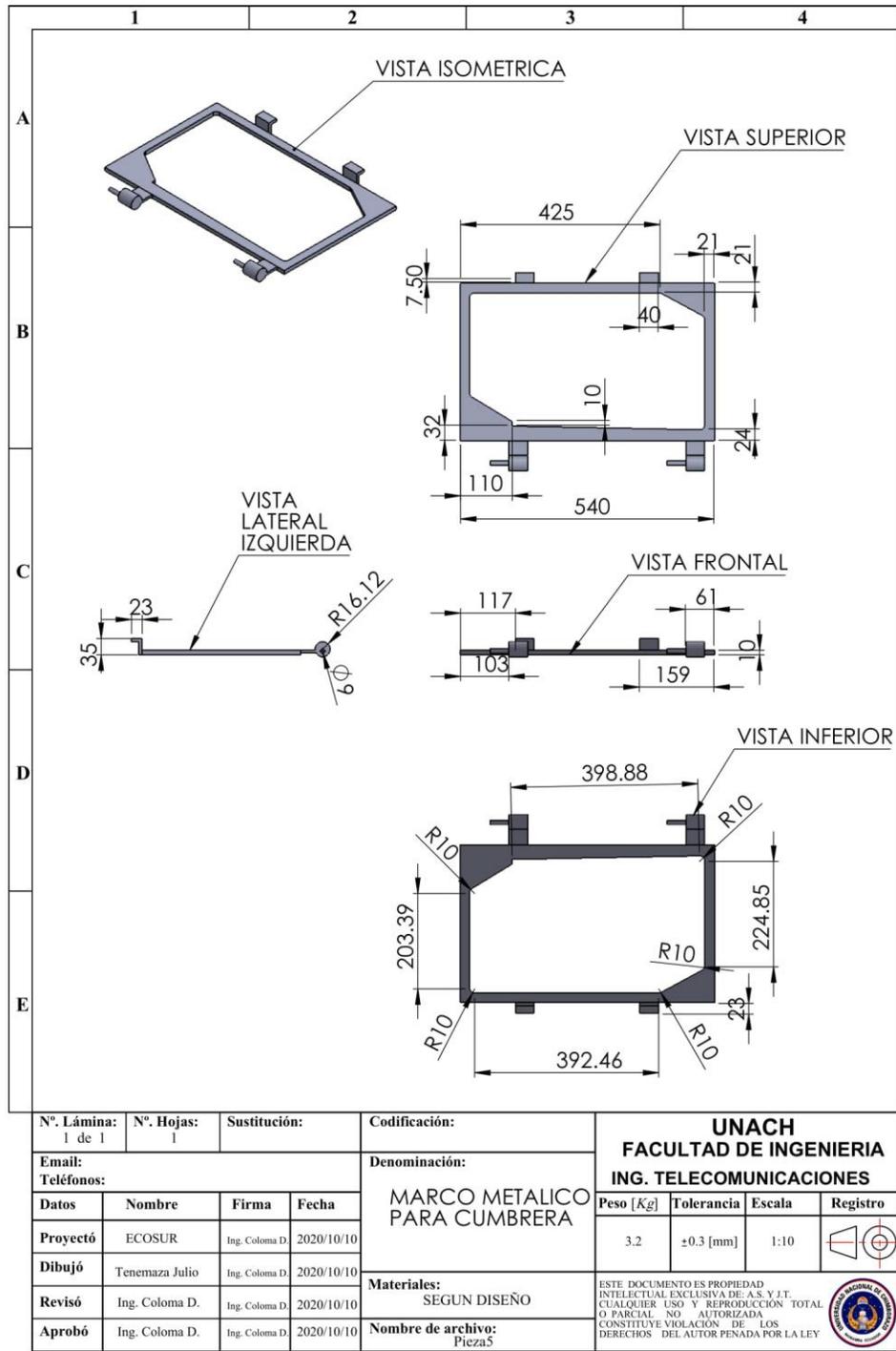
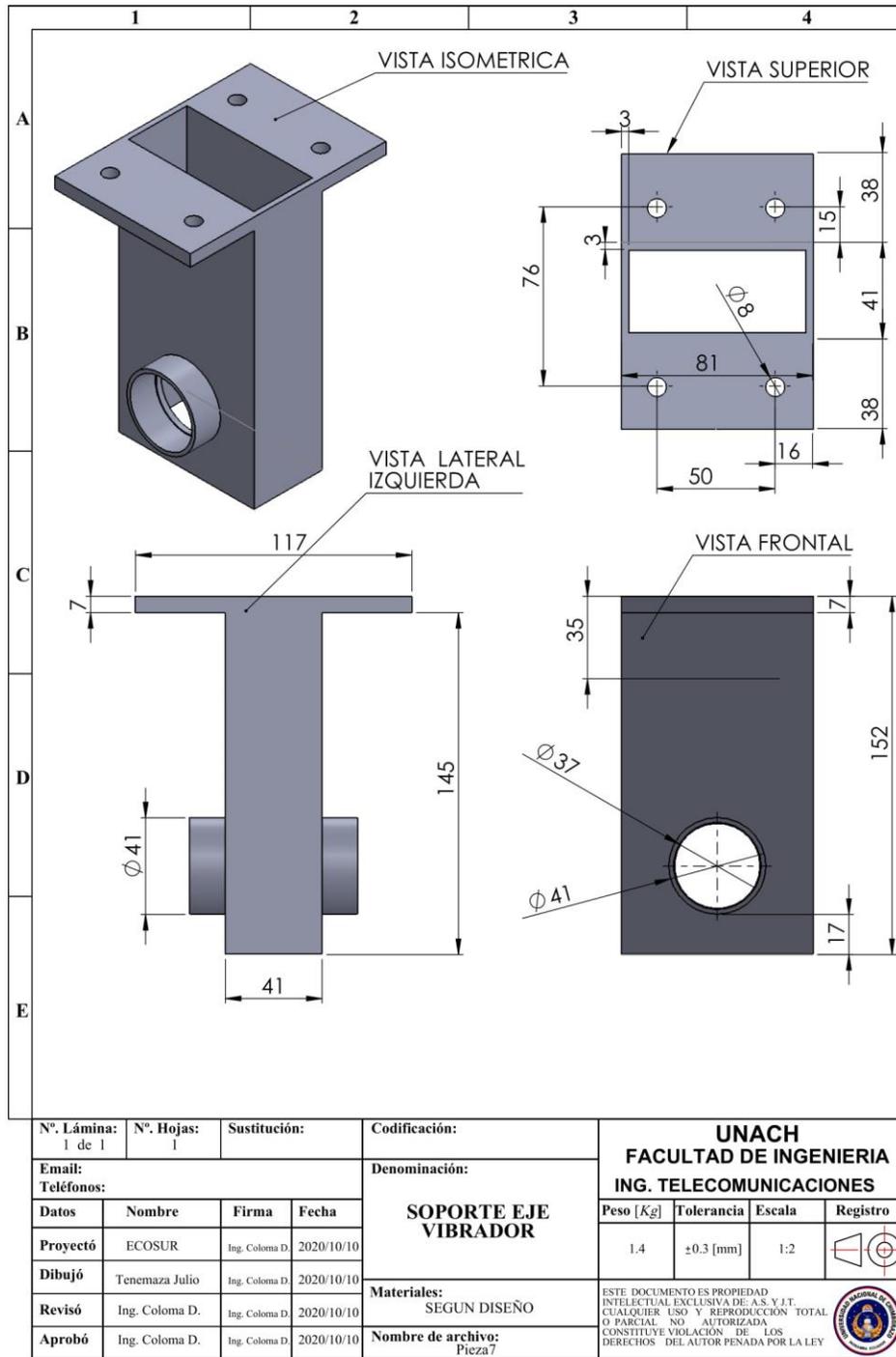


Fig. 29 Plano marco metálico para cumbrera

Fuente: Autor

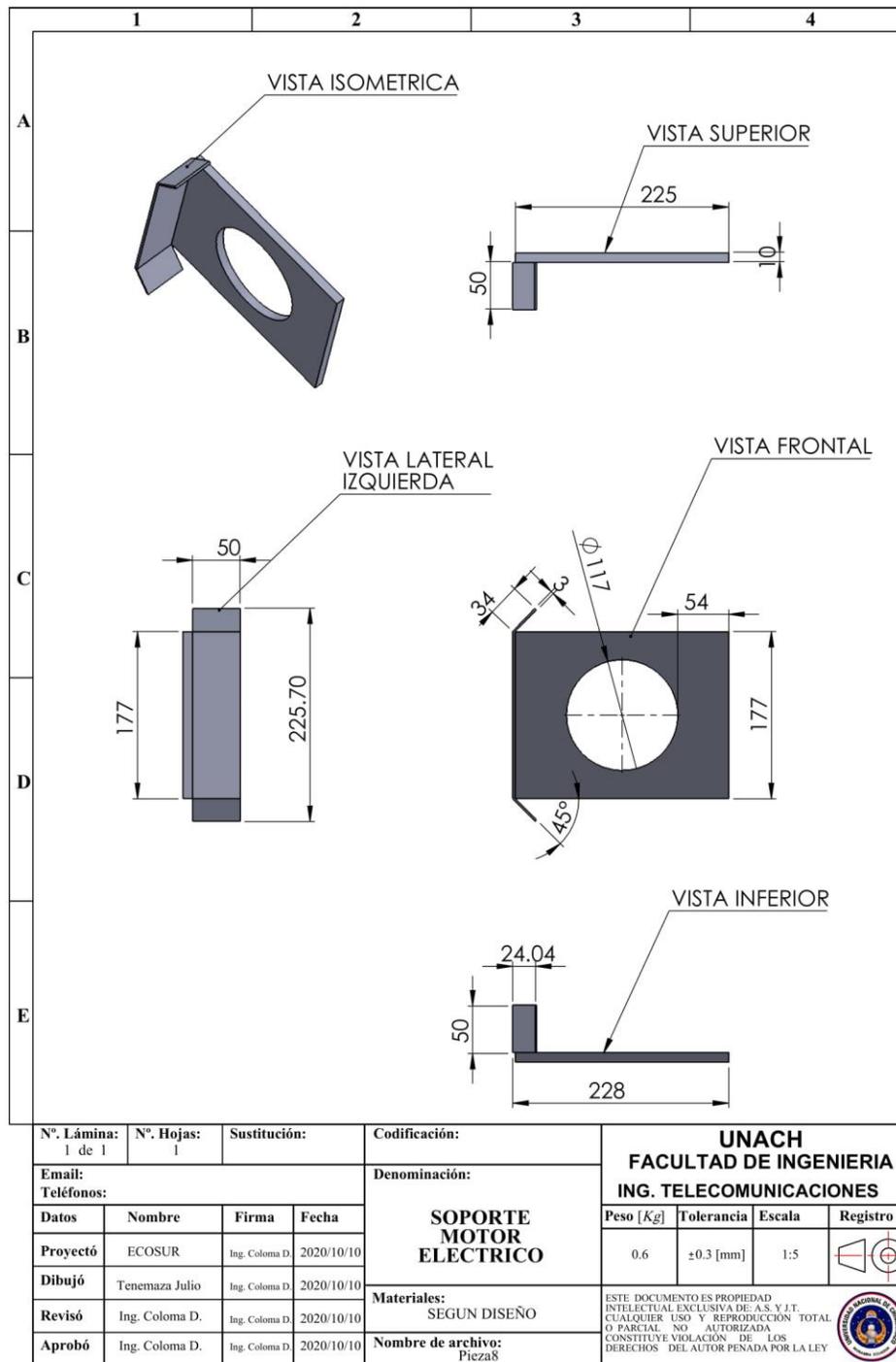
### 4.1.2.5 Plano SOPORTE EJE VIBRADOR de máquina TEVI



*Fig. 30 Plano soporte vibrador*

*Fuente: Autor*

#### 4.1.2.6 Plano SOPORTE DE MOTOR ELÉCTRICO de máquina TEVI



*Fig. 31 Plano soporte de motor eléctrico*

*Fuente: Autor*

### 4.1.2.7 Plano MARCO METALITO PARA TMC de máquina TEVI

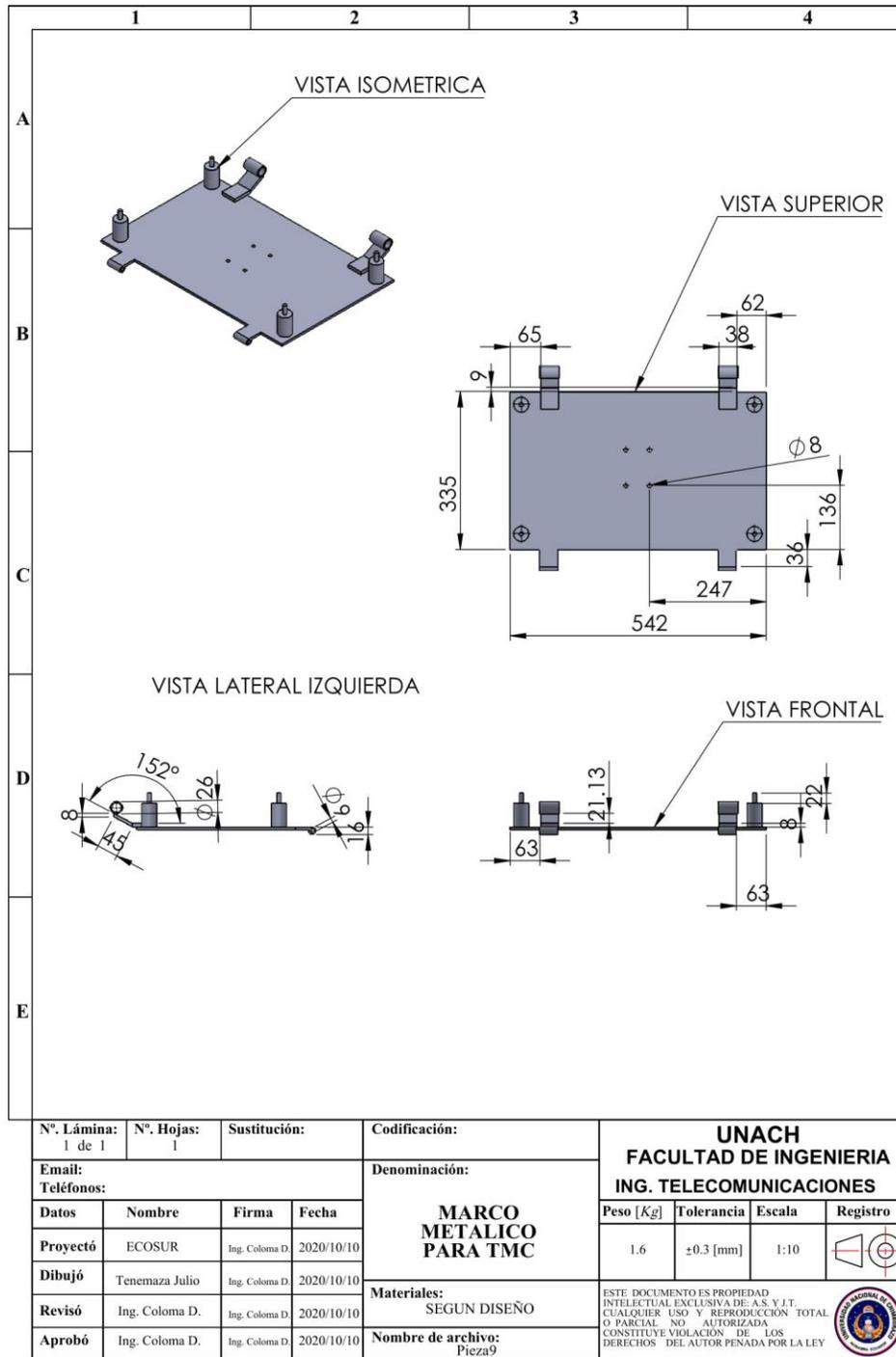


Fig. 32 Plano marco metálico para TMC

Fuente: Autor

#### 4.1.2.8 Plano BRAZO PARA MOLDE de máquina TEVI

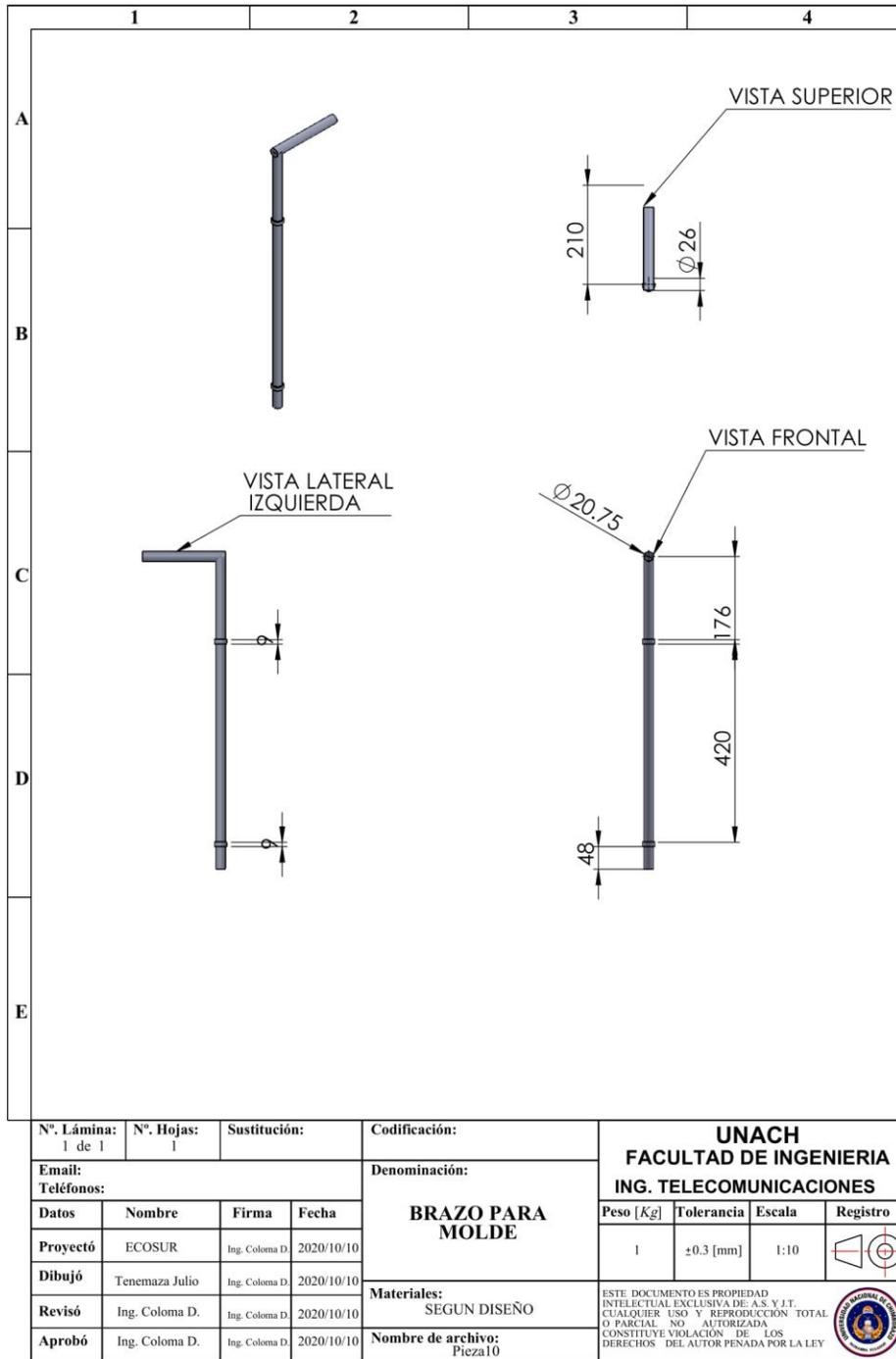
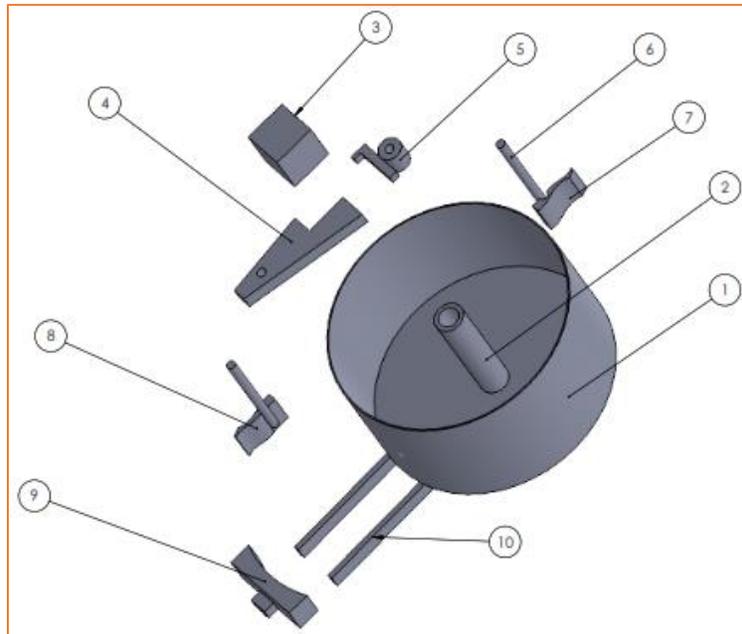


Fig. 33 Plano de brazo para molde

Fuente: Autor

### 4.1.3 Estructura de BALDE MEZCLADOR Y HOMOGENEIZADOR<sup>1</sup>

- 1= Balde
- 2= Eje de Transmisión
- 3= Taja de Eje
- 4= Soporte de Paleta
- 5= Soporte de Paleta
- 6= Eje de Paleta
- 7= Paleta
- 8= Paleta
- 9= Servomotor
- 10= Pared para Banda Transportadora



**Fig. 34** Despiece del balde homogeneizador.

**Fuente:** Autor

1 Diseño basado en las Hormigoneras y Mezcladoras de pasta (EcoSur, Hormigoneras y mezcladores de pasta, 2020)

#### 4.1.4 Planos correspondientes de al HOMOGENEIZADOR

##### 4.1.4.1 Plano BALDE del HOMOGENEIZADOR

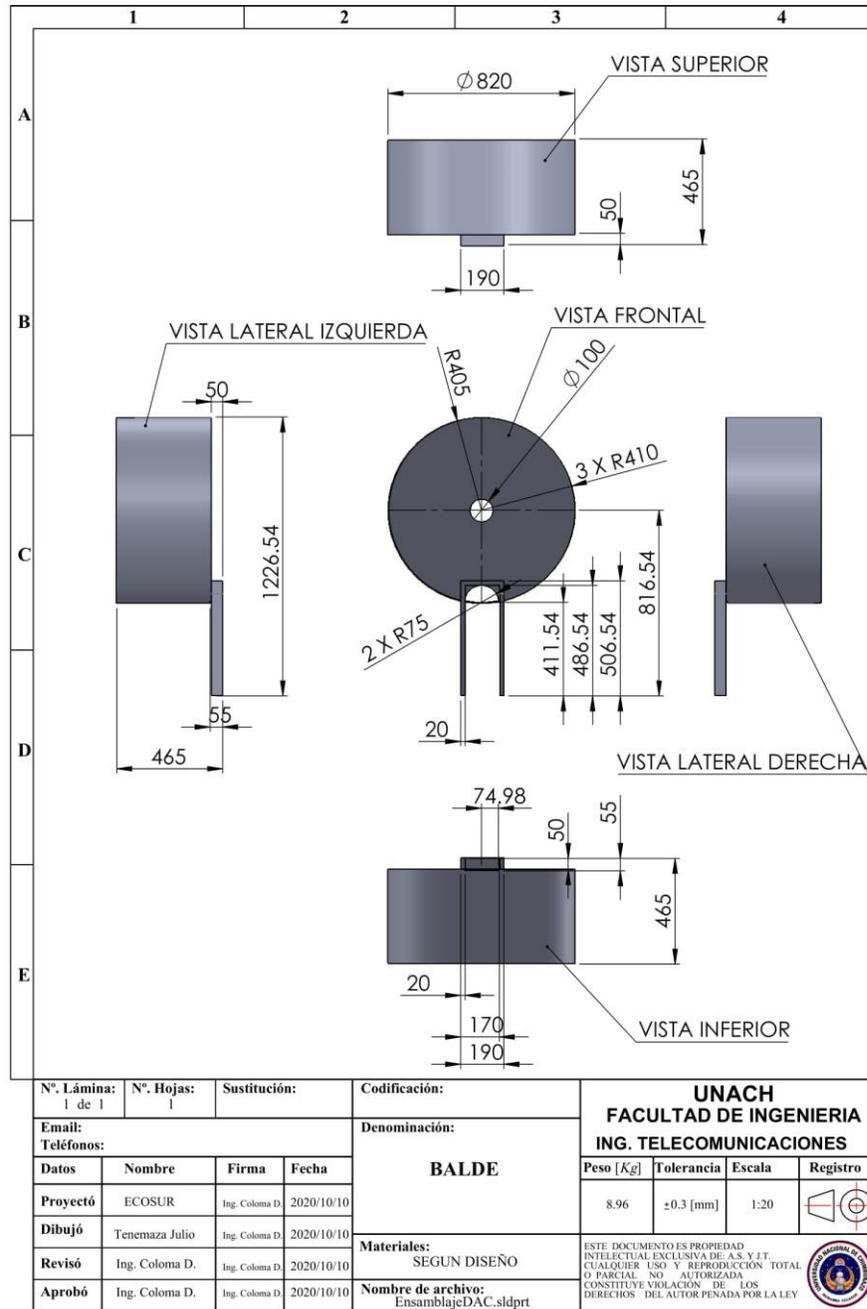


Fig. 35 Planos del balde homogeneizador

Fuente: Autor

#### 4.1.4.2 Plano EJE DE TRANSMISIÓN del HOMOGENEIZADOR

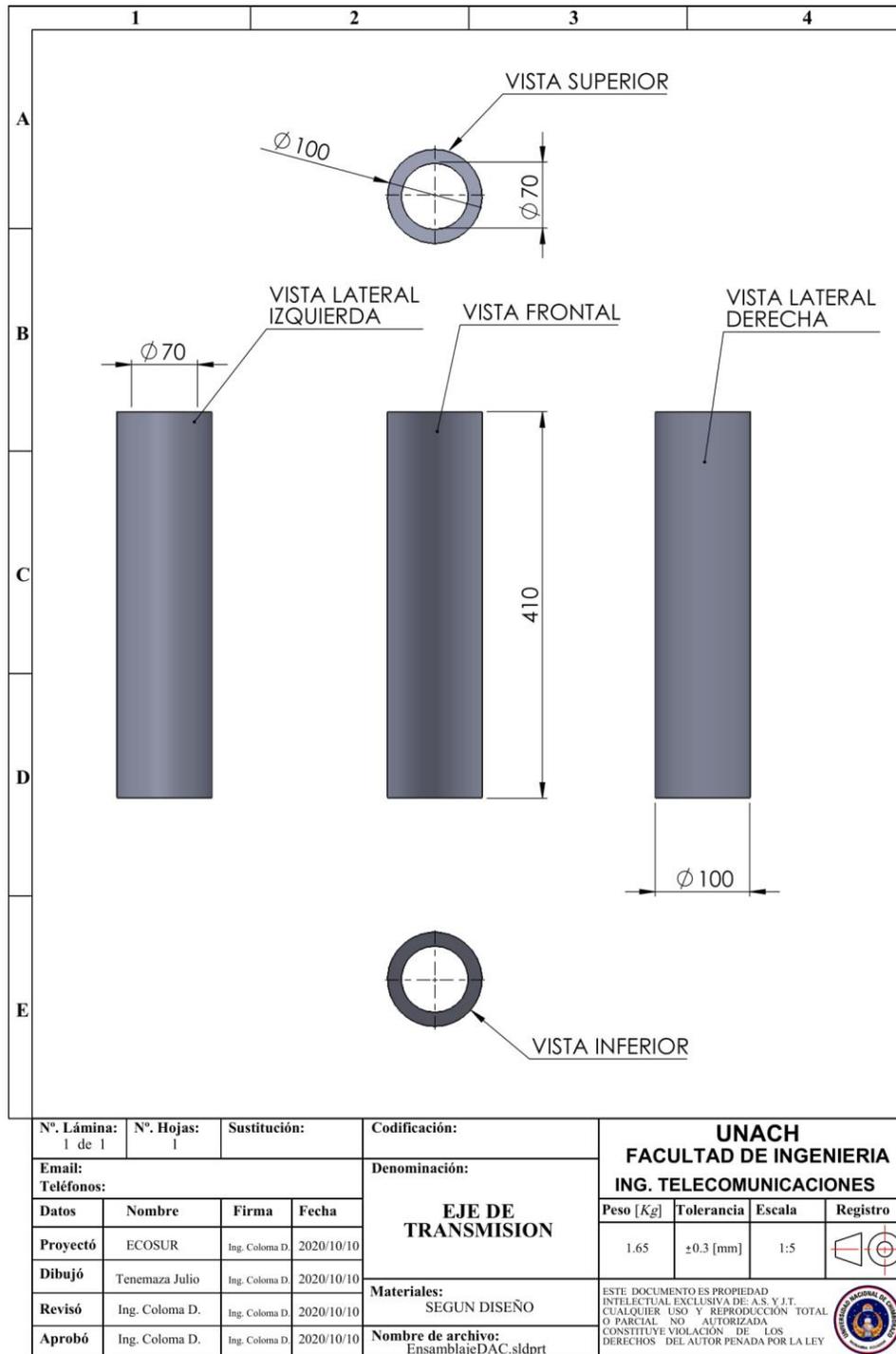
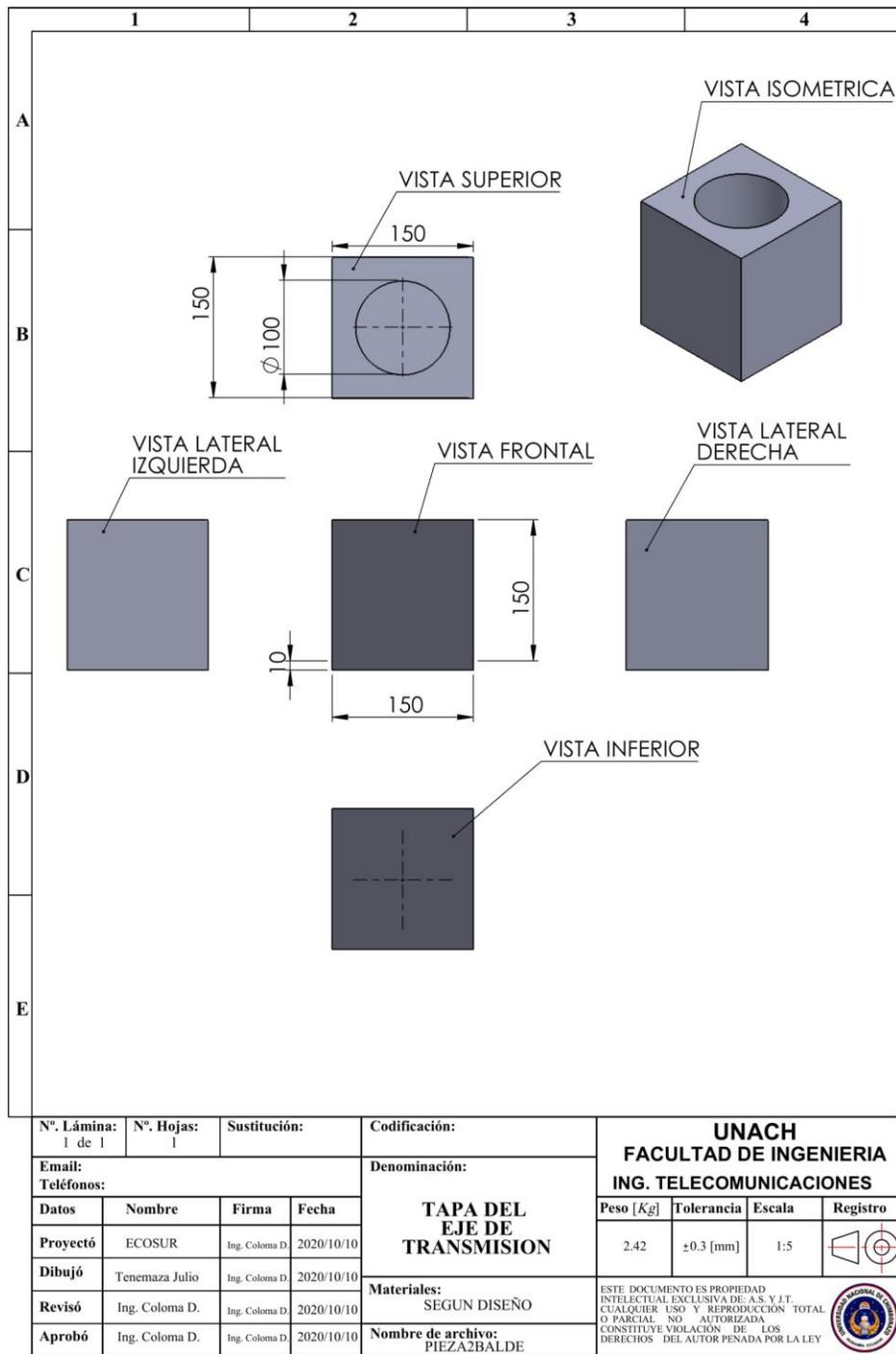


Fig. 36 Plano de eje de transmisión

Fuente: Autor

### 4.1.4.3 Plano TAPA DE EJE DE TRANSMISIÓN del HOMOGENEIZADOR



*Fig. 37 Plano para tapa de eje de transmisión*

*Fuente: Autor*

#### 4.1.4.4 Plano SOPORTE DE PALETA 1 del HOMOGENEIZADOR

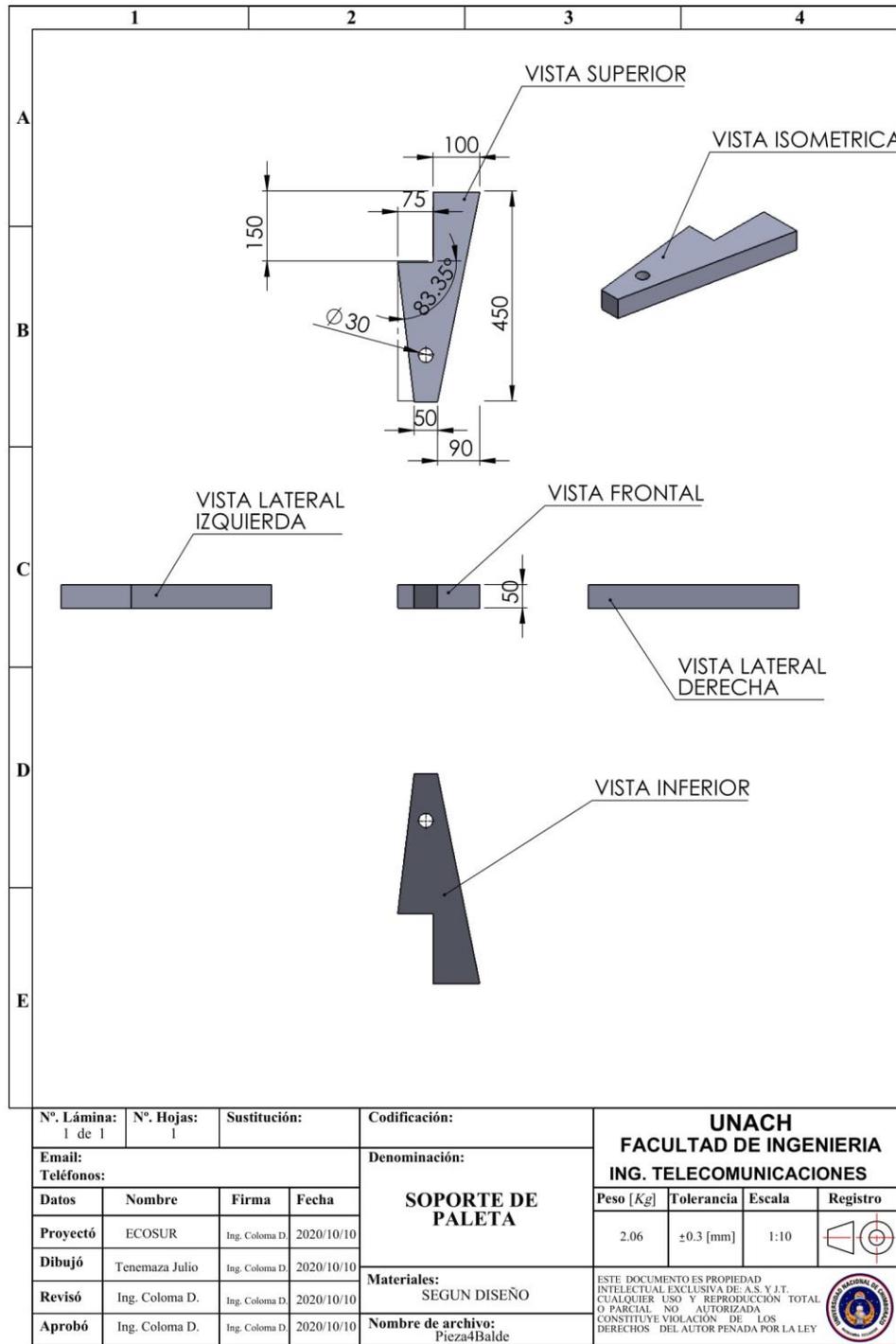


Fig. 38 Plano de soporte de paleta

Fuente: Autor

#### 4.1.4.5 Plano SOPORTE DE PALETA 2 del HOMOGENEIZADOR

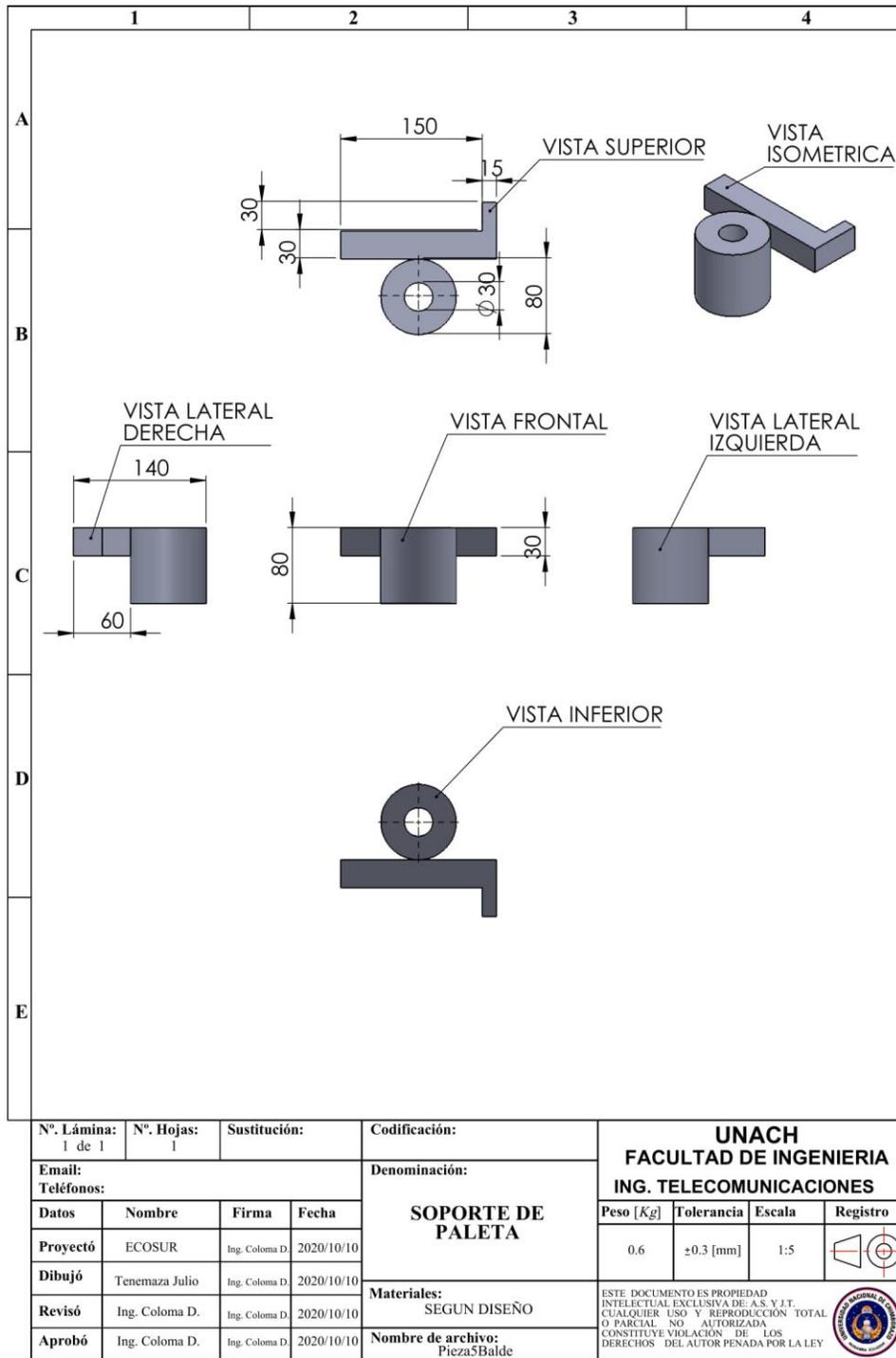
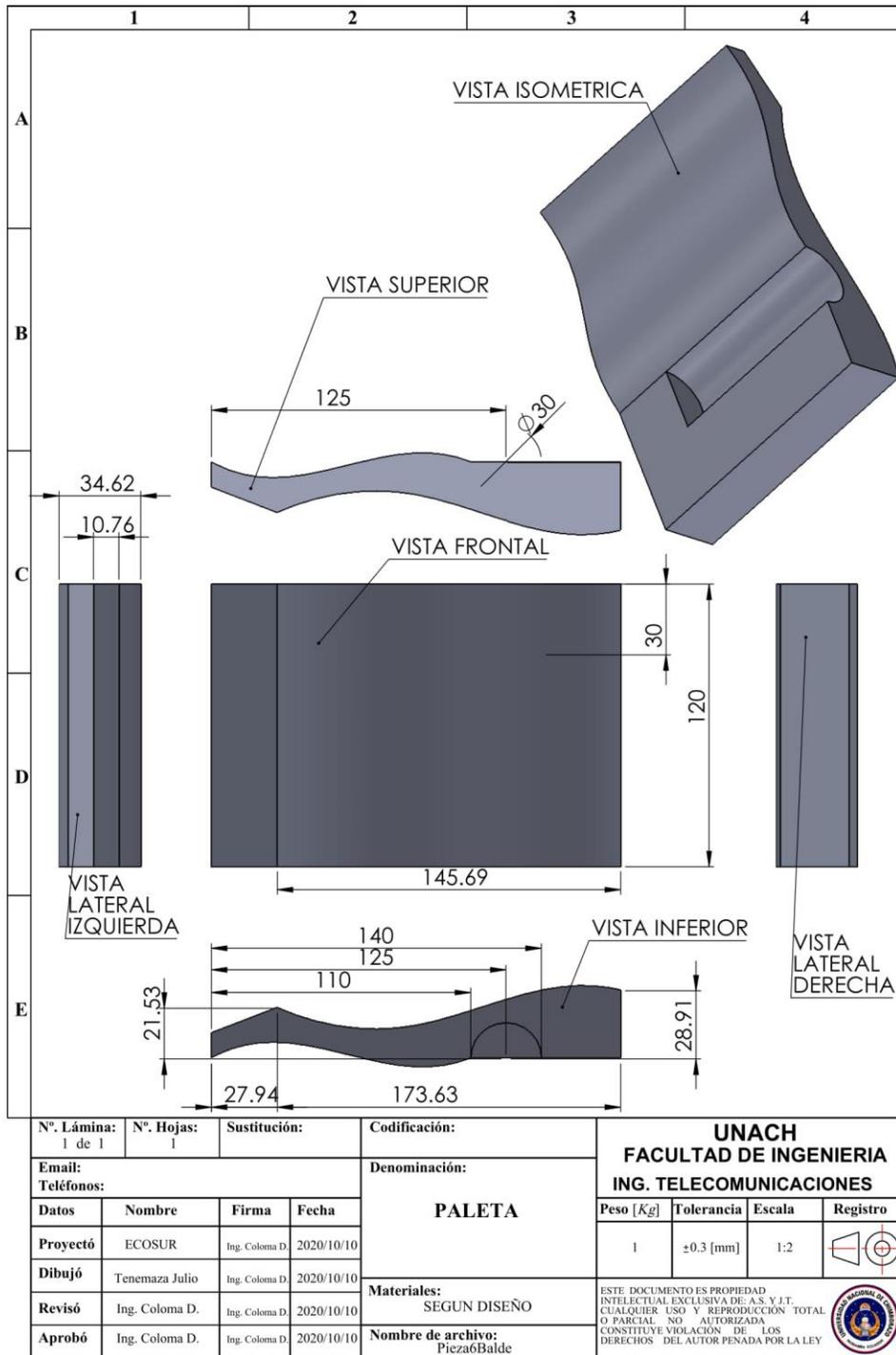


Fig. 39 Plano soporte de paleta

Fuente: Autor

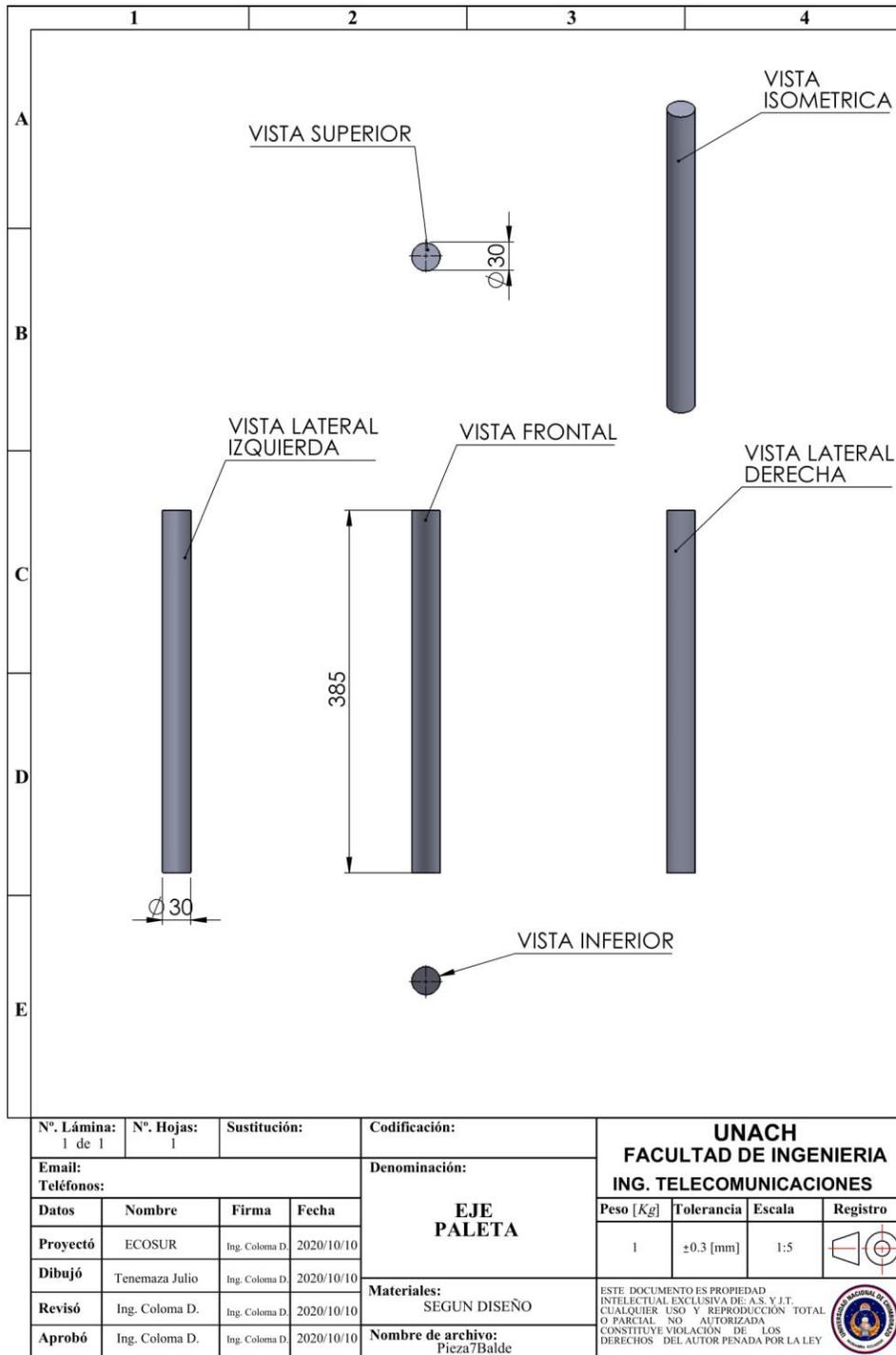
#### 4.1.4.6 Plano PALETA del HOMOGENEIZADOR



*Fig. 40 Plano de paleta para el homogeneizador*

*Fuente: Autor*

#### 4.1.4.7 Plano EJE PALETA del HOMOGENEIZADOR



*Fig. 41 Plano de eje de paleta*

*Fuente: Autor*

#### 4.1.4.8 Plano SOPORTE SERVOMOTOR del HOMOGENEIZADOR

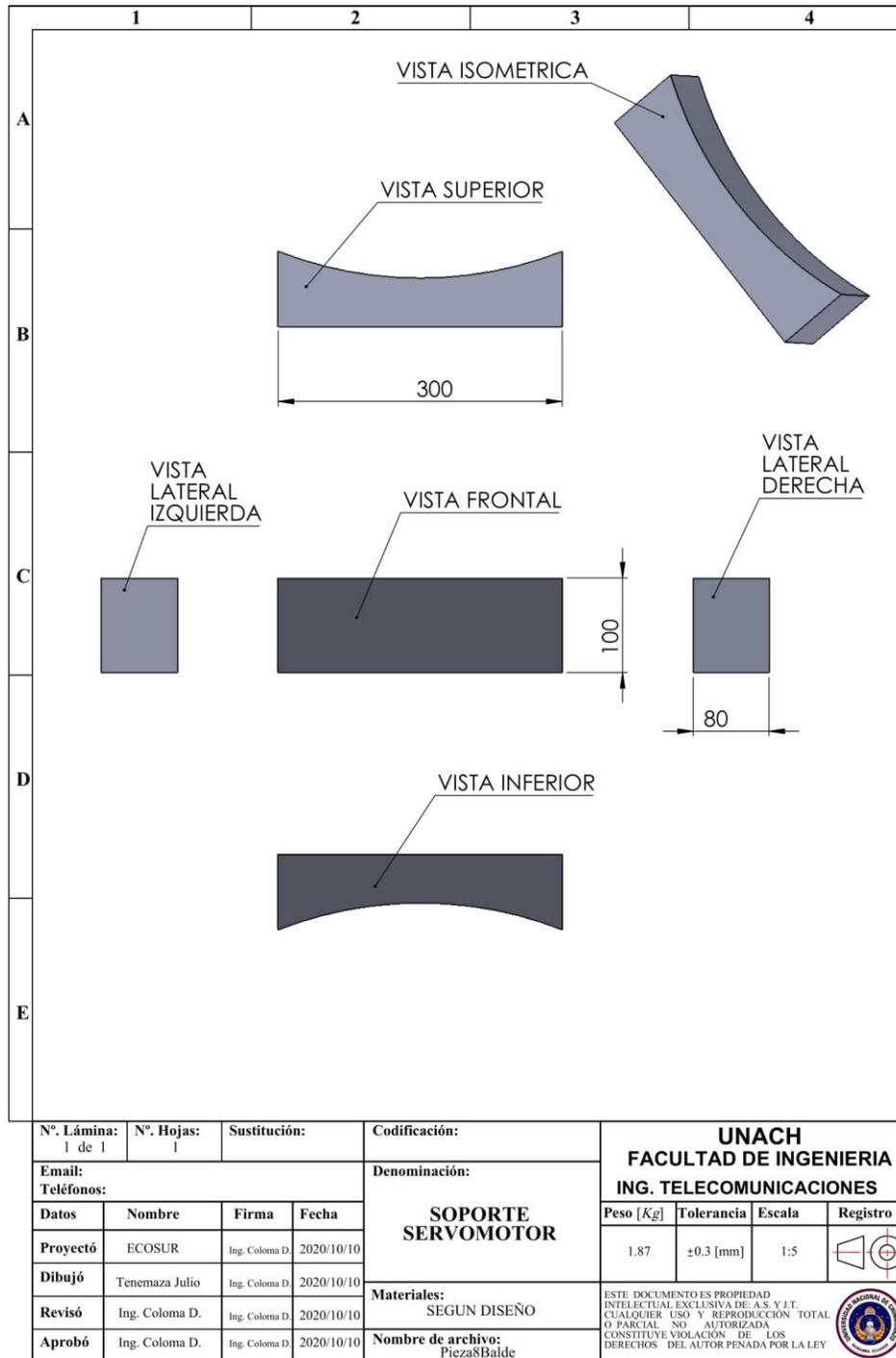
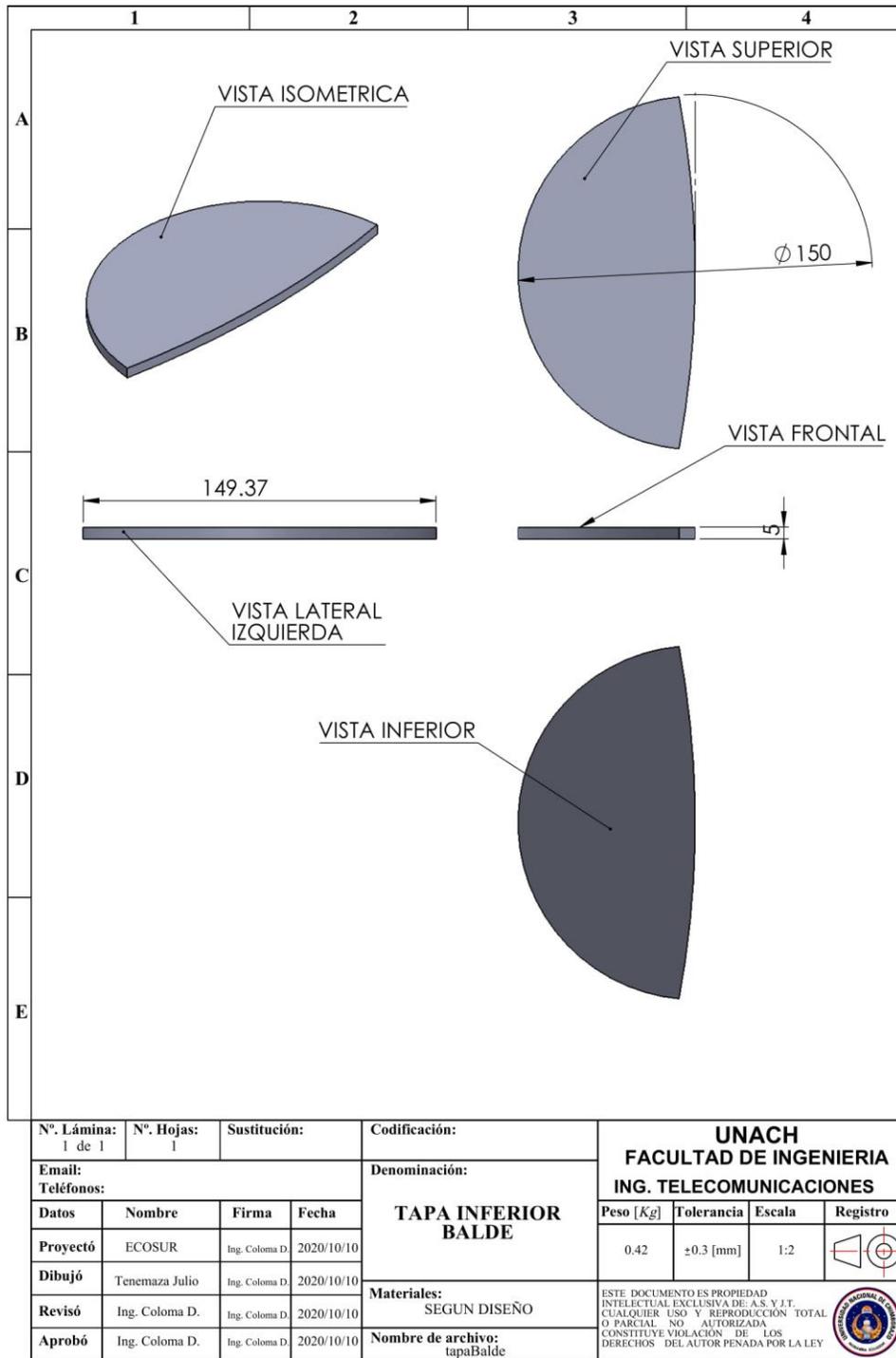


Fig. 42 Plano para soporte de servomotor

Fuente: Autor

#### 4.1.4.9 Plano TAPA INFERIOR BALDE del HOMOGENEIZADOR



*Fig. 43 Plano de tapa para salida de mezcla del microconcreto*

*Fuente: Autor*

#### 4.1.4.10 Plano TAPA SUPERIOR BALDE del HOMOGENEIZADOR

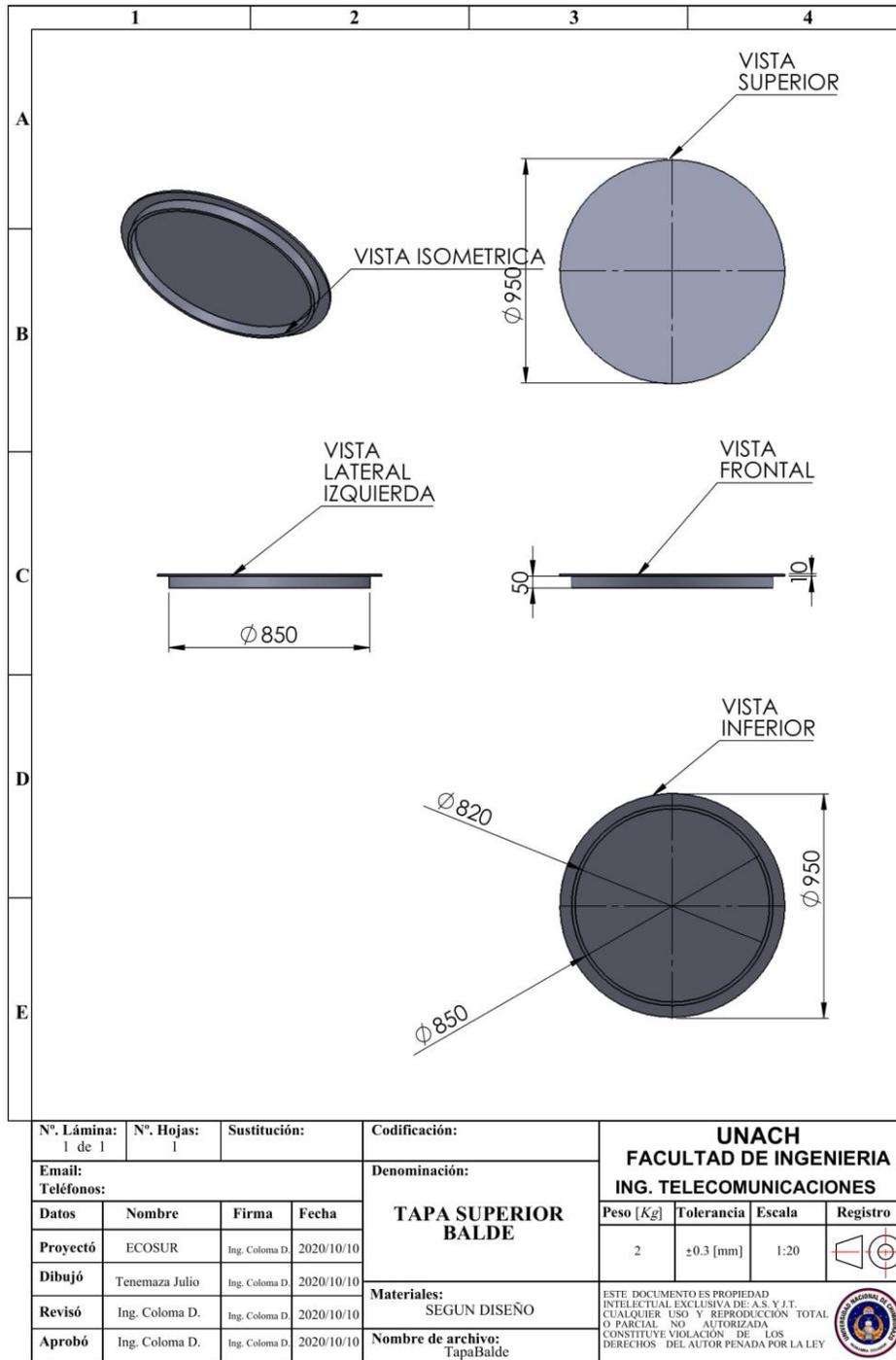
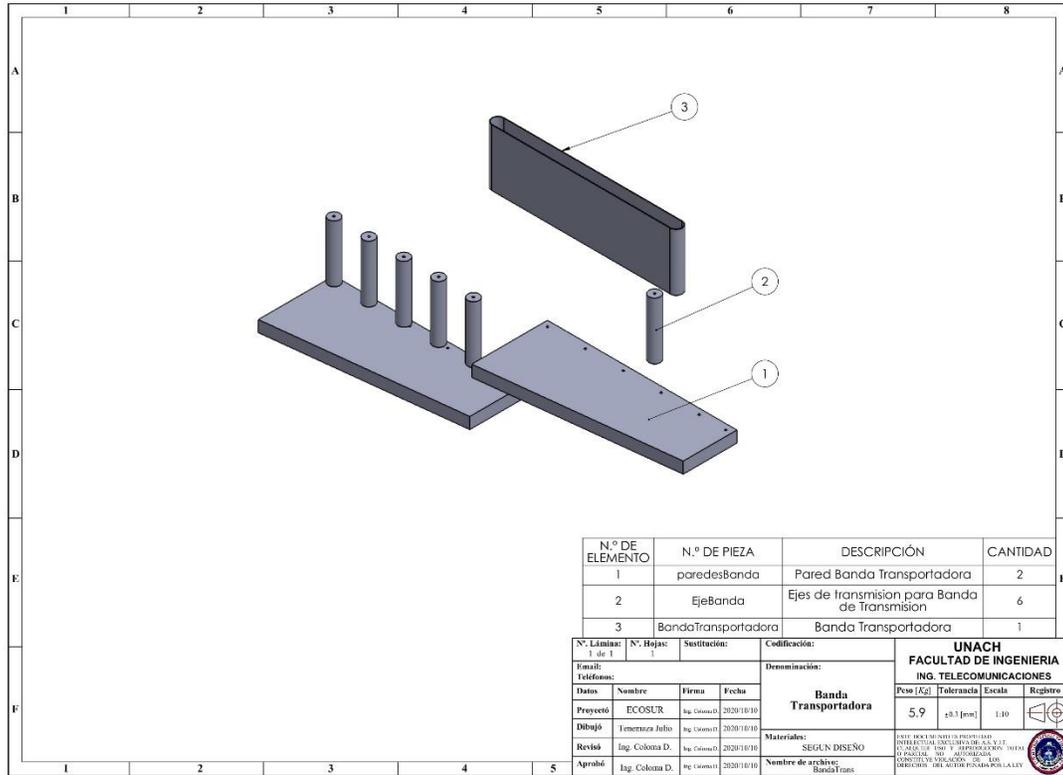


Fig. 44 Plano para tapa del balde homogeneizador

Fuente: Autor

#### 4.1.4.11 Plano BANDA TRANSPORTADORA del HOMOGENEIZADOR



*Fig. 45 Plano de banda transportadora*

*Fuente: Autor*

#### 4.1.4.12 Plano EJE TRANSMISIÓN BANDA TRANSPORTADORA del HOMOGENEIZADOR

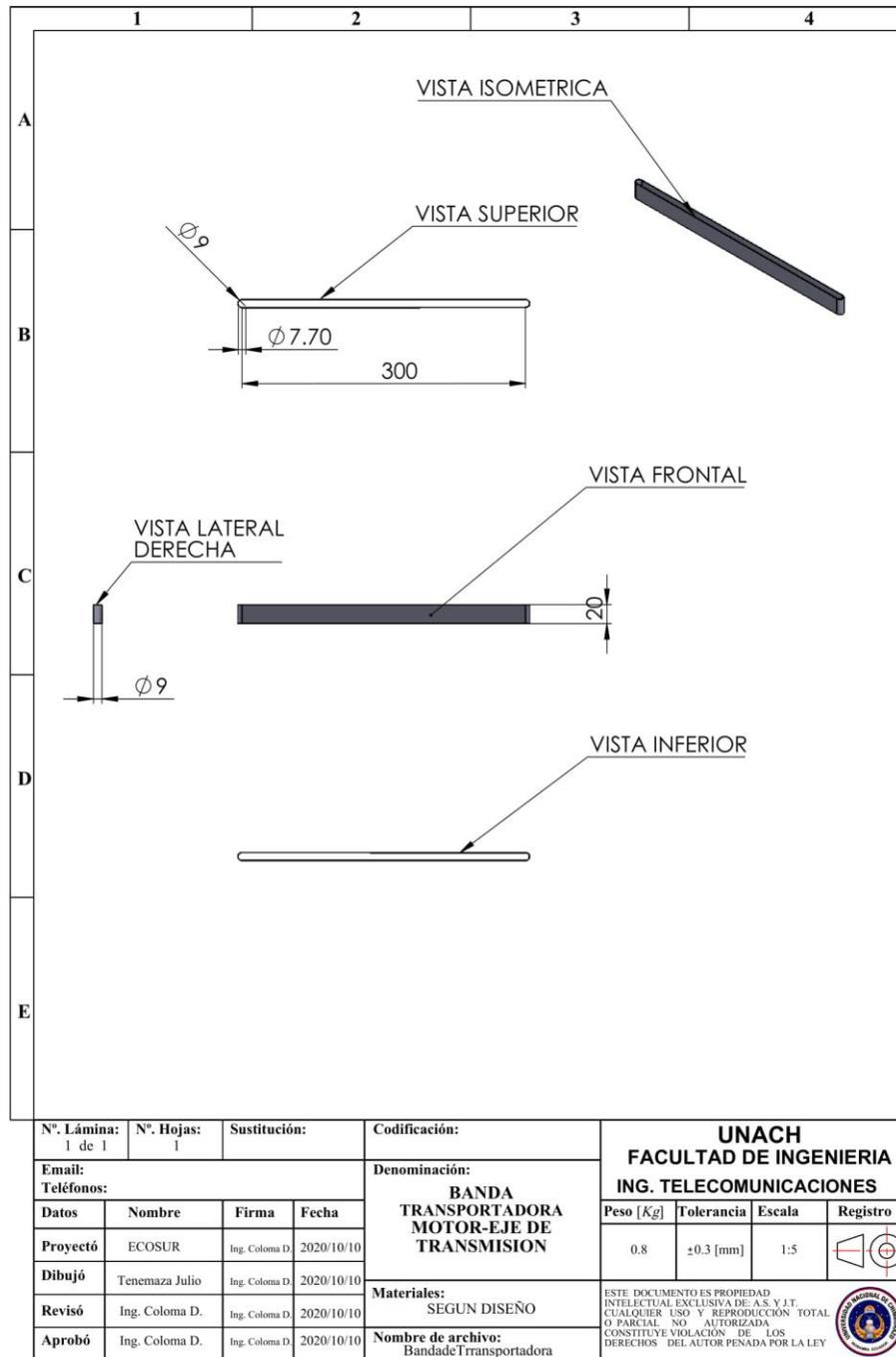
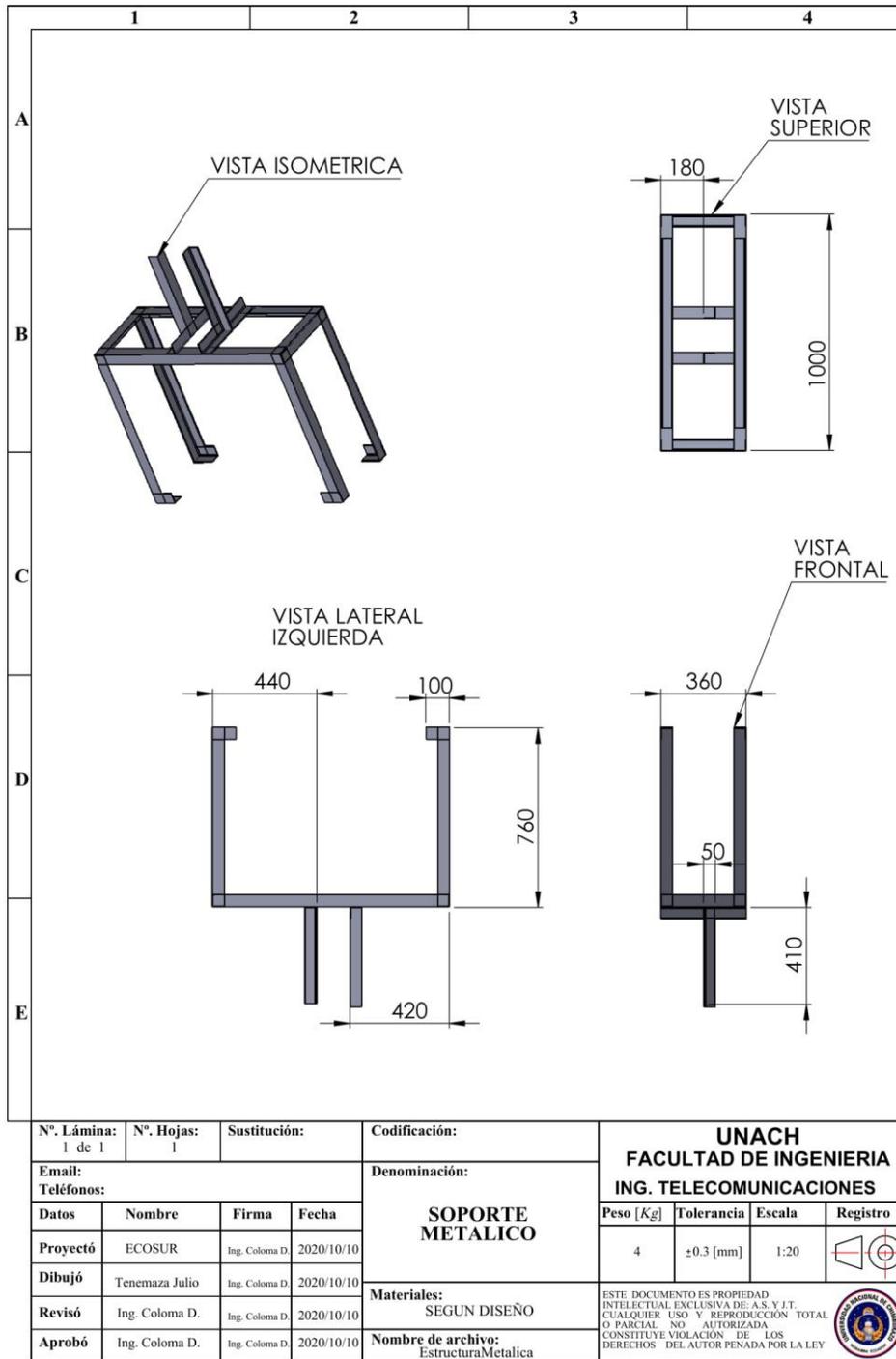


Fig. 46 Plano eje de la banda transportadora

Fuente: Autor

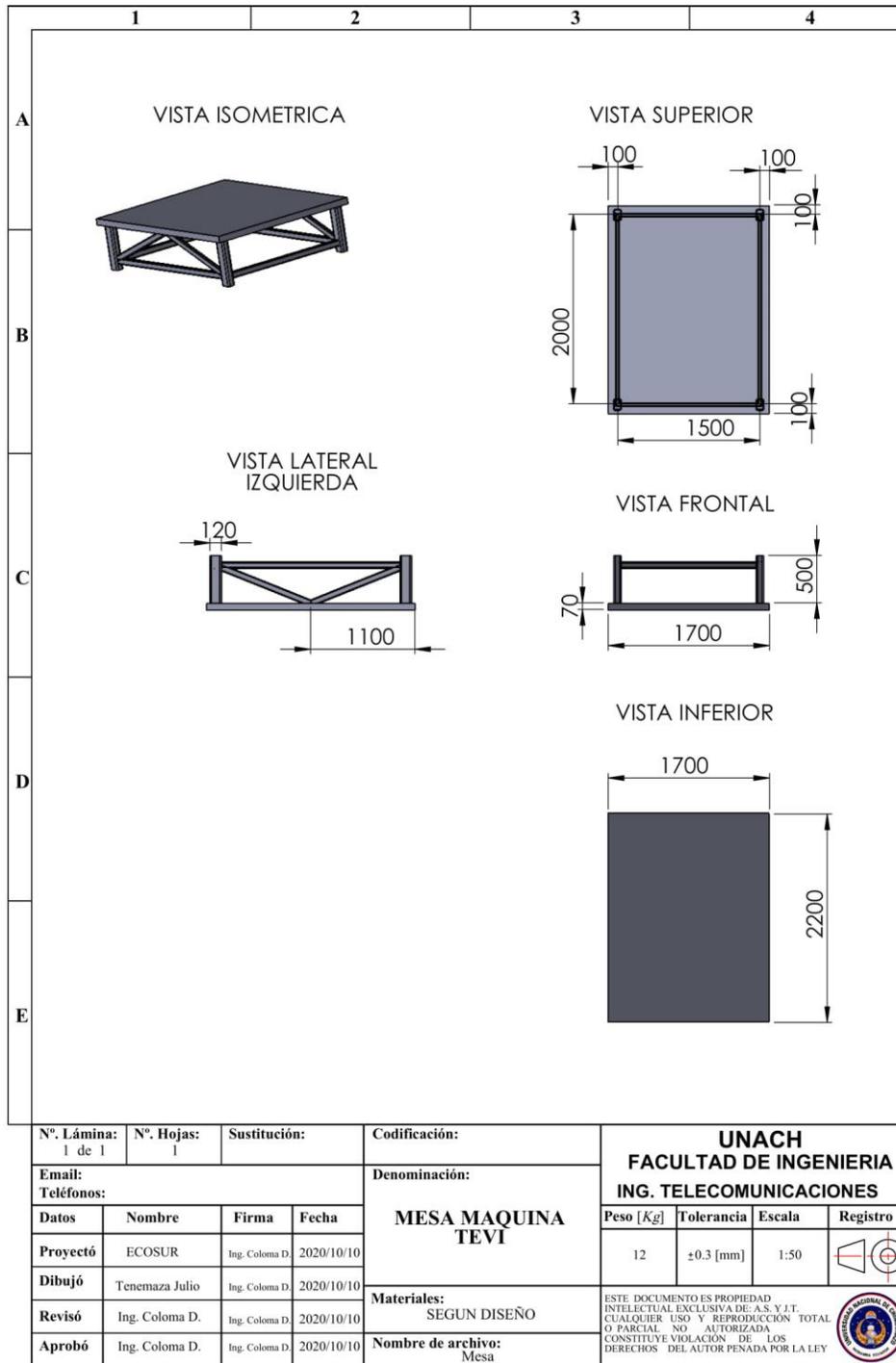
#### 4.1.5 Estructura Soporte metálico para PRENSA



*Fig. 47 Plano para soporte de prensa*

*Fuente: Autor*

#### 4.1.6 Estructura MESA máquina TEVI



**FIG. 48** Plano de mesa para la máquina TEVI

*Fuente: Autor*



### 4.2.1 Representación gráfica de la automatización en Blender

Para verificar el funcionamiento de la automatización se desarrolló un modelado de la automatización en 3D, con animación para interpretar los diferentes actuadores.



*Fig. 50 Animación 3D realizada en Blender*

*Fuente: Autor*

A continuación, se muestra una vista para el proceso de activación (pulsadores) y comprobación (leds) para verificar el correcto funcionamiento de los actuadores implementados en la automatización.



*Fig. 51 Activación y comprobación de la máquina TEVI*

*Fuente: Autor*

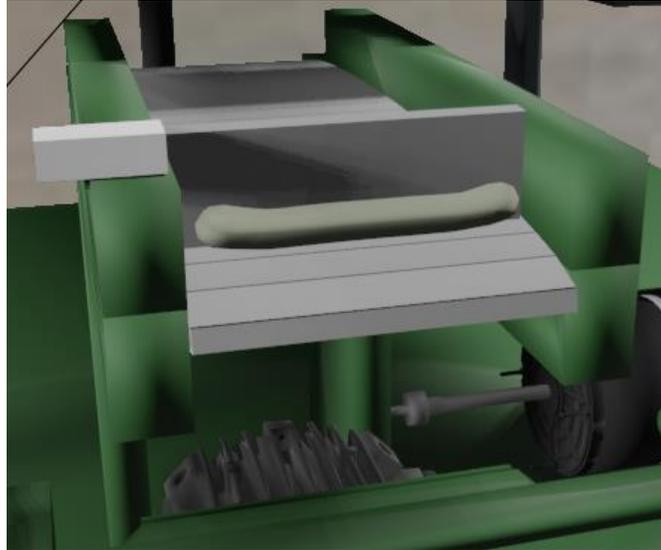
El proceso de homogenización se realiza con el fin de que el cemento y la arena de río sean mezcladas de manera uniforme, para así obtener una mejor calidad al momento de fabricar la teja de microconcreto.



*Fig. 52 Proceso de homogenización*

*Fuente: Autor*

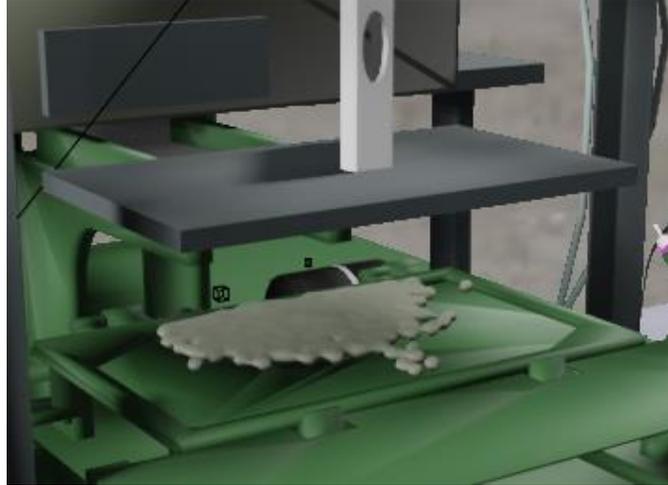
El proceso para trasladar la mezcla de microconcreto hacia el molde es a través de una banda transportadora.



*Fig. 53 Proceso banda transportadora*

*Fuente: Autor*

El funcionamiento de la prensa inicia cuando la mezcla de microconcreto está en el molde, en ese momento se accionará la prensa con la ayuda de un compresor de aire y este se encargará de distribuir la mezcla de manera uniforme alrededor del molde.



*Fig. 54* Proceso distribución mezcla por medio de una prensa

*Fuente:* Autor

Una vez acabo todos los procesos en la automatización, se obtiene el producto final TMC.



*Fig. 55* Resultado final de la automatización

*Fuente:* Autor

### 4.3 MÁQUINA TEVI MANUAL Y MÁQUINA TEVI AUTOMATIZADA

A continuación, se muestran las ventajas que se obtienen en el proceso de la automatización de la máquina TEVI, generando así beneficios para el operario, reducción de costos en la fabricación y eliminando el tiempo que se pierde al fabricar la TMC.

*Máquina TEVI- Comparación*

<i>Máquina TEVI con Sistema Automatizado</i>	<i>Máquina TEVI sin Sistema Automatizado</i>
Existen planos completos tanto de la máquina TEVI y todo el equipo automatizado.	Hay pocos planos de la máquina TEVI.
Tiempo total para fabricar TMC aproximado 45 segundos.	Tiempo promedio aproximado de fabricación TMC 1 minuto 15 segundos.
No hay tiempo muerto ya que cualquier operario puede usar la máquina TEVI.	Existe tiempo muerto cuando el operario tiene q atender a los clientes.
Requiere el manejo de 1 operario.	Requiere 2 operarios para fabricar tejas, alternándose en ocasiones.
Posee mezcladora y Homogeneizadora para mezcla de microconcreto.	No posee mezcladora, todo el proceso de mezclado se realiza en el suelo.
Tiene una banda transportadora para trasladar la mezcla de microconcreto.	El traslado de la mezcla de microconcreto se realiza por medio de un bailejo.
Seguridad en el proceso de fabricación por medio de alarmas.	No tiene ninguna alarma al momento de fabricar la TMC.
Existe un control de número de tejas fabricadas en el día de trabajo.	No existe un control de tejas fabricadas en el día de trabajo.
Control de la cantidad exacta de mezcla para fabricar la TMC.	La cantidad de mezcla que se usa para fabricar la TMC depende el operador.
Control constante de tiempo en cada subproceso por medio de programación.	El Operador decide tiempos aleatorios en la fabricación de la TMC.
Hay modelo 3D funcional y renderizado de la máquina TEVI.	No existe un modelo 3D de la máquina TEVI.
Menor tiempo en el proceso de mezclado del microconcreto por el balde Mezclador.	Tiempo de mezclado del microconcreto es aproximado de 15 minutos.
Consumo de energía eléctrica mayor ya que posee 3 motores y varios sensores.	Menor consumo de energía ya que solo posee 1 motor eléctrico.
Posee 5 sensores de alerta en cada subproceso.	No posee ningún tipo de sensor.

<b><i>Máquina TEVI con Sistema Automatizado</i></b>	<b><i>Máquina TEVI sin Sistema Automatizado</i></b>
Diseño automatizado permite reducir el costo final de la teja.	El costo final de la teja es un poco elevado debido al tiempo que tarda en realizarse.
Mantiene la humedad exacta del microconcreto.	La humedad del microconcreto varía dependiendo del tiempo ya que está a la intemperie.

***Tabla 11 Comparación de la máquina TEVI manual y automatizada***

***Fuente: Autor***

## CAPÍTULO V

### 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Se diseñó un sistema para la automatización y optimización de la máquina TEVI – propiedad de EcoSur Ecuador – que fabrica tejas de microconcreto cumpliendo así con el objetivo general de esta investigación, satisfaciendo además los requerimientos planteados por la Fundación 2019-2020 dentro de su proyecto macro “Mejoramiento de la Vivienda” en los sectores rurales más vulnerables de la Zona centro del Ecuador.
- Para la realización de esta investigación se utilizaron algunos softwares con licencia gratuita (free and open source) como Blender y versiones para estudiantes/demo (students-demo version) como Proteus, Solid Works y SketchUp con MSPysics, tanto para el diseño, las representaciones, simulaciones y animaciones 3D. Esto redujo notable y significativamente los costos generales del proyecto proporcionando todos los planos generales de la infraestructura, así como las animaciones y simulaciones de los procesos.
- La automatización y optimización de la máquina TEVI ayudará en la fabricación de las tejas de microconcreto proporcionando una mayor facilidad en la formación de la mezcla, reduciendo el número de operarios y el tiempo de fabricación y además agregando un pequeño sistema de seguridad en cada uno de los procesos.
- Para la automatización y optimización de la máquina TEVI se utilizó el diseño escalar y modular (metodologías ágiles) evitando de esta manera el diseño en forma en cascada tradicional. Esto significa, que se podrán ir diseñando, corriendo y/o aumentando componentes (por ejemplo sensores) e inclusive realizar cambios de fondo en su programación dependiendo de las necesidades que aparezcan con el tiempo o de los resultados adicionales que se busquen.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- La principal e importante recomendación es la implementación de este proyecto de investigación pues pretende reducir el costo de la teja de microconcreto con una inversión inicial recuperable en el tiempo. Esto cumple nuevamente con los objetivos de la Fundación EcoSur-Ecuador, quienes desde un principio apoyaron y financiaron este estudio y además avalaron todos los resultados aquí obtenidos.
- Se recomienda además calibrar el correcto funcionamiento de la máquina implementada. Esto ayudará en la optimización final del proceso de fabricación de la TMC.
- Por último, se recomienda el uso de software libre en caso de la necesidad de incorporar nuevos componentes en el diseño y optimación de los procesos, para de esta manera evitar gastos innecesarios en la implementación de estos.

## BIBLIOGRAFÍA

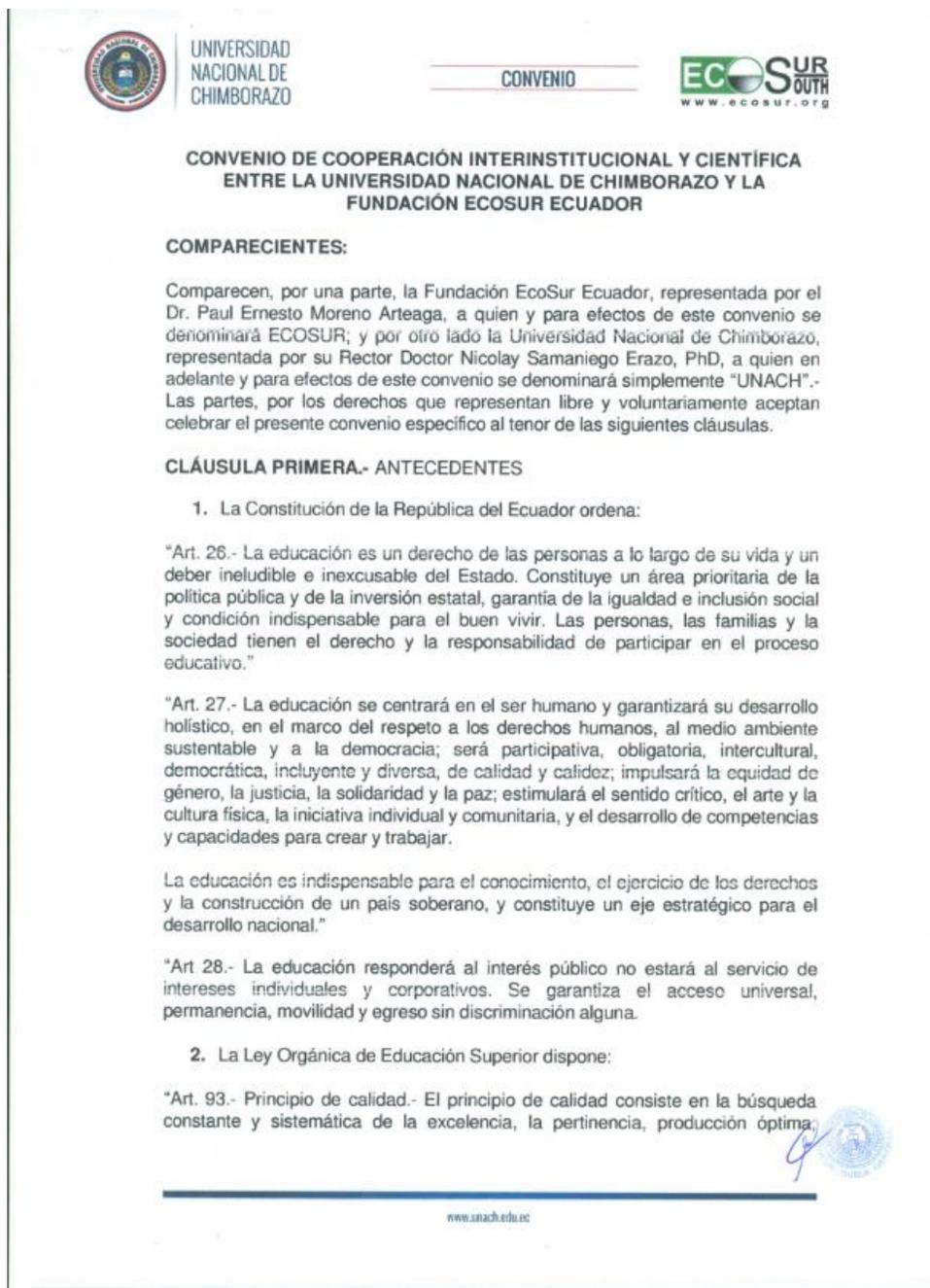
- Aldakin. (2017). *Automatización Industrial y Robótica. Qué es y sus claves de éxito*. Obtenido de <http://www.aldakin.com/automatizacion-industrial-robotica-claves-exito/>
- Aldakin. (2020). *Automatizacion Industrial y Robotica*. Obtenido de <http://www.aldakin.com/automatizacion-industrial-robotica-claves-exito/>
- Arduino. (2020). *Arduino Mega 2560*. Obtenido de <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>
- Arduino.cl. (2020). *Arduino Mega 2560*. Obtenido de <https://arduino.cl/arduino-mega-2560/>
- Blender. (2020). *Introduccion*. Obtenido de [https://docs.blender.org/manual/es/dev/getting\\_started/about/introduction.html](https://docs.blender.org/manual/es/dev/getting_started/about/introduction.html)
- Burbano, J., & Sánchez, J. (2013). *Automatización de una planta de máquina inyectora Reed 100 en Plásticos Ecuatorianos S.A.* Guayaquil.
- Burbano, J., & Sánchez, J. (2013). *Automatización de una planta de máquina inyectora Reed 100 en Plásticos Ecuatorianos S.A.* Guayaquil.
- ByTheWay. (2020). *Sensor detector de obstaculos infrarrojo fc-51/fc51 arduino*. Obtenido de <https://www.bytheway.com.co/home/109-sensor-detector-de-obstaculos-infrarrojo-fc-51fc51-arduino.html>
- Cajamarca, W., & Castro, M. (s.f.). *Automatización del proceso de mezclado de materia prima para la elaboración de tejas en la planta Ecuateja de la fábrica Tubasec C.A.* Riobamba.
- Cajamarca, W., & Castro, M. (s.f.). *Automatización del proceso de mezclado de materia prima para la elaboración de tejas en la planta Ecuateja de la fábrica Tubasec C.A.* Riobamba.
- Collet, G. (2 de Mayo de 2013). *Interempresas*. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Robotica/Articulos/108830-Nueva-tendencias-en-automatizacion-industrial.html>
- DinastiaTecnologica. (2020). *Modulo Rele*. Obtenido de <http://dinastiatecnologica.com/producto/modulo-rele-de-4-canales-arduino/>
- EcoSur. (2019). Obtenido de <https://www.ecosur.org/index.php/es/>
- EcoSur. (2019). *Convenio*. <http://www.unach.edu.ec/images/galeriajulio/convenioslibros/nacionales/conv.coop.unach.ecosur.pdf>.
- EcoSur. (2019). *Convenio*. Obtenido de <http://www.unach.edu.ec/images/galeriajulio/convenioslibros/nacionales/conv.coop.unach.ecosur.pdf>
- EcoSur. (2019). *Ficha tecnica: Teja de microconcreto*.
- EcoSur. (2019). *Maquinaria para producción de Tejas de MicroConcreto (TMC)*. Obtenido de <https://www.ecosur.org/index.php/es/productos-2/fabrica-de-tejas>
- EcoSur. (2019). *Productos*. Obtenido de <https://ecosur.org/index.php/es/productos-2>
- EcoSur. (2019). *Transferencia Sur-Sur*. Obtenido de <https://www.ecosur.org/index.php/es/consultorias/estudios-de-caso>
- EcoSur. (2020). *Hormigoneras y mezcladoras de pasta*. Obtenido de <http://www.english.ecosur.org/index.php/all-articles/18-products-a-services/concrete-mixers/69-hormigoneras-y-mezcladoras-de-pasta>
- EcoSur. (2020). *Productos*. Obtenido de <https://www.ecosur.org/index.php/es/productos-2>

- ElectroPro-Piura. (Febrero de 2017). *Módulo Puente H L298N*. Obtenido de [https://electropro.pe/index.php?route=product/product&product\\_id=362](https://electropro.pe/index.php?route=product/product&product_id=362)
- ElUniverso. (2018). *35% de hogares no tienen vivienda propia en Ecuador*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2018/09/09/nota/6942293/35-hogares-no-tienen-vivienda-propia>
- FindGlocal. (2020). *EcoSur Network*. Obtenido de <http://www.findglocal.com/EC/Riobamba/147917738603026/EcoSur-Network>
- Fronteiras, A. S. (2016). *Sistema constructivo de tejas de micro-concreto (TMC)*. Obtenido de ECOSUR.
- Fuentes, N., & Hodges, J. (2010). *Fabricación y automatización de una maquina para cortar cajas de carton con PLC*. Medellín.
- García, E. (2020). *Automatización de Procesos Industriales*. España. Obtenido de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54693882/automatizacion\\_de\\_procesos\\_industriales.pdf?1507776294=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAUTOMATIZACION\\_DE\\_PROCESOS\\_INDUSTRIALES.pdf&Expires=1601768793&Signature=QR6OK5S2iuMG9TcS5pjyyMvXzA3qs](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54693882/automatizacion_de_procesos_industriales.pdf?1507776294=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAUTOMATIZACION_DE_PROCESOS_INDUSTRIALES.pdf&Expires=1601768793&Signature=QR6OK5S2iuMG9TcS5pjyyMvXzA3qs)
- González, G. (2010). *Diseño de mezclas de Micro-concreto con aditivos*. Santa Clara.
- HabitatAQ. (2020). *EcoSur, la red para el hábitat ecocómico y ecológico*. Obtenido de <http://habitat.aq.upm.es/bpal/onu12/bp4461.html>
- Hull, D. (2013). *Fundamentals of Airplane Flight Mechanics*.
- InfoPLC. (2020). *InfoPLC*. Obtenido de InfoPLC: [http://www.infoplac.net/files/documentacion/automatas/infoPLC\\_net\\_Teoria\\_iniciacion\\_Automata.pdf](http://www.infoplac.net/files/documentacion/automatas/infoPLC_net_Teoria_iniciacion_Automata.pdf)
- JOM. (03 de Julio de 2018). *¿Cómo automatizar una maquina?* Obtenido de <https://www.jom.es/automatizar-una-maquina/>
- La Torre, D. (2015). *Optimal control: theory and application to science, engineering, and social sciences*. Obtenido de <https://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1701&context=buspapers>
- Lancheros, D., Duque, J., & Beltrán, K. (2013). *Automatización de una línea de lavado para papa criolla*. Bogotá.
- Learning, L. (2011). *Funciones básicas, características y arquitectura de los sistemas automatizados*.
- Llamas, L. (2020). *Detector de obstaculos con sensor infrarrojo y arduino*. Obtenido de <https://www.luisllamas.es/detectar-obstaculos-con-sensor-infrarrojo-y-arduino/>
- Ludeña, A. (2013). *Diseño e implementación de un sistema automatizado para la bobinadora cortadora KSC-140 de la empresa SIGMAPLAST S.A*. Sangolquí.
- Maquiclick. (s.f.). *Automatización industrial ¿Qué es?* Obtenido de <https://www.fabricantes-maquinaria-industrial.es/automatizacion-industrial-que-es/>
- Márquez, C. (2015). *Tejas de concreto, una solución más barata y amigable*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/tendencias/tejas-techo-concreto-arquitectura-construccion.html>
- Mena, D., & Jácome, C. (2015). *Diseño y construcción de una máquina peladora de papas con capacidad de 100kg/h*. Quito.

- MicroElectronica. (2020). *Modulo Relay*. Obtenido de <http://microelectronicadesign.com/producto/modulo-relay/>
- Milenio. (2014). *Automatización industrial integral de maquinaria para la mejora de la productividad*. Obtenido de <https://www.milenio.com/opinion/varios-autores/ciencia-tecnologia/automatizacion-industrial-integral-maquinaria-mejora-productividad>
- Molina, M. (2018). *Automatización del sistema de control de la máquina empaquetadora de Blíster*. Ambato.
- NaylampMechatronics. (2020). *Driver Puente H L298N 2A*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/drivers/11-driver-puente-h-l298n.html>
- NaylampMechatronics. (2020). *Sensor Ultrasonido HC-SR04*. Obtenido de [https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/10-sensor-ultrasonido-hc-sr04.html?search\\_query=sensor+infrarrojo+detector&results=152](https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/10-sensor-ultrasonido-hc-sr04.html?search_query=sensor+infrarrojo+detector&results=152)
- Ortega, F. U. (2017). Automatización de una máquina de construcción nacional madejadora de hilos para la Empresa IMBATEX. *Maskana*, 1-11.
- Panamahitek. (2020). *Servomotor*. Obtenido de <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>
- Ponsa, P., & Vilanova, R. (2015). *Automatización de procesos mediante la guía Gemma*. Catalunya: Politecnica de Catalunya, SL.
- Procontrolmatsa. (2019). Obtenido de <http://procontrolmatsa.com/noticias.php?id=203>
- ProgramoErgoSum. (2020). *Software Arduino IDE*. Obtenido de <https://www.programoergosum.com/cursos-online/arduino/253-curso-de-iniciacion-a-arduino/software-arduino-ide>
- Prometec. (Mayo de 2019). *EL MÓDULO CONTROLADOR DE MOTORES L298N*. Obtenido de <https://www.prometec.net/l298n/>
- Prometec. (2020). *Sensor Distancia*. Obtenido de <https://store.prometec.net/producto/sensor-distancia/>
- SketchUp. (2019). Obtenido de <https://www.sketchup.com/es>
- SolidBi. (2020). *Solidworks*. Obtenido de <https://solid-bi.es/solidworks/>
- Tecnamachines. (s.f.). *Robótica. Máquinas para automatización industrial*. Obtenido de [https://www.tecnamachines.com/maquina\\_robotica.php](https://www.tecnamachines.com/maquina_robotica.php)
- Tecneu. (2020). *Servomotor*. Obtenido de <https://www.tecneu.com/products/servomotor-sg5010-towerpro-6kg-para-robotica>
- TodoPrproductividad. (s.f.). *Automatizar y reacondicionar máquinas viejas, usadas o antiguas*. Obtenido de <http://todoproductividad.blogspot.com/2009/04/automatizar-y-reacondicionar-maquinas.html>
- Vanegas, E., Vera, C., & Quintero, L. (2010). *Automatización de una maquina dispensadora de perros calientes*. Bogota.
- Weber, T. (2011). *Optimal Control Theory with Applications in Economics (The MIT Press)*.

## ANEXOS

### Anexo 1. Convenio EcoSur-UNACH.



**Fig. 56 Convenio Ecosur-UNACH**

**Fuente: EcoSur**



En caso de cambio de dirección, es obligación de la parte que lo genere informar por escrito a la contraparte institucional la nueva dirección que deberá tenerse en cuenta para tales efectos.

Las comunicaciones en la ejecución del presente Convenio de Cooperación Interinstitucional y Científica, serán dirigidas por escrito, o correos electrónicos, bastando en cada caso, que el remitente tenga la correspondiente constancia de que su comunicación ha sido recibida en las direcciones de la otra parte.

**CLÁUSULA DÉCIMA TERCERA.- ACEPTACIÓN**

Las partes aceptan el total contenido del presente Convenio y para constancia de su validez, suscriben el presente documento, en cuatro ejemplares del mismo tenor y valor. En la ciudad de Riobamba, a los 09 días del mes de Septiembre de dos mil dieciséis.

  
Dr. Paul Ernesto Moreno Arteaga,  
**DIRECTOR EJECUTIVO  
ECOSUR**



  
Dr. Nicolay Samaniego Erazo,  
PhD  
**RECTOR UNACH**

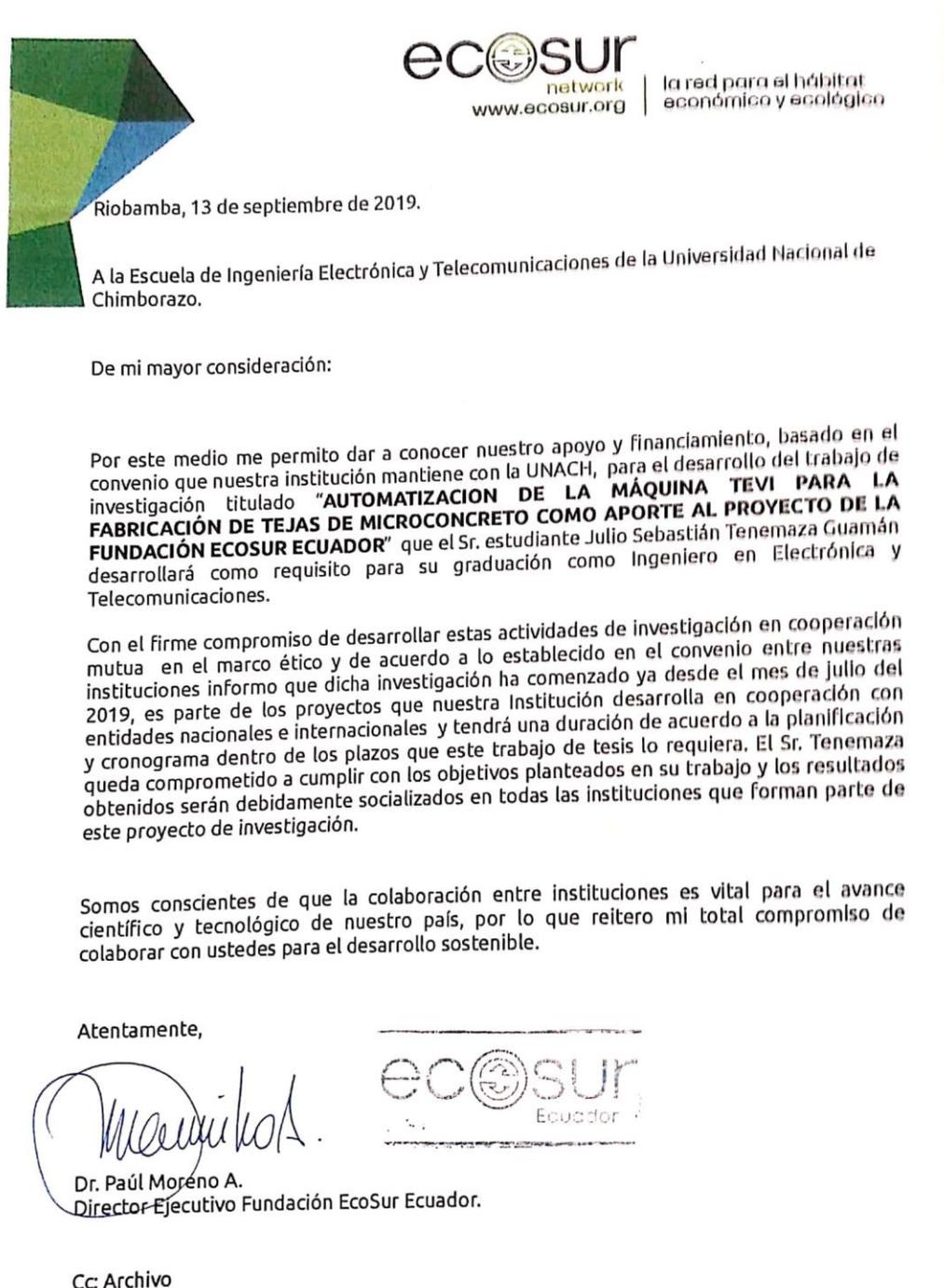
  
Ing. Rodrigo Briohes  
**DECANO FAC.  
INGENIERÍA**  
Testigo de Honor



*Fig. 57 Convenio Ecosur-UNACH*

*Fuente: EcoSur*

Anexo 2. Carta de Apoyo brindada por la Fundación EcoSur-Ecuador.



*Fig. 58 Carta de apoyo por EcoSur*

*Fuente: EcoSur*

Anexo 3. Carta de Apoyo brindada por Prefabricados San Sebastián.

PREFABRICADOS SAN SEBASTIAN

Riobamba, 13 de septiembre de 2019.

A la Escuela de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Chimborazo.

De mi mayor consideración:

Por este medio me permito dar a conocer nuestro apoyo total, para el desarrollo del trabajo de investigación titulado "AUTOMATIZACION DE LA MÁQUINA TEVI PARA LA FABRICACIÓN DE TEJAS DE MICROCONCRETO COMO APORTE AL PROYECTO DE LA FUNDACIÓN ECOSUR-ECUADOR" que el Sr. estudiante **Julio Sebastián Tenemaza Guamán** desarrollará como requisito para su graduación como Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones.

Con el firme compromiso de desarrollar estas actividades de investigación en cooperación mutua con la Fundación EcoSur informo que dicha investigación ha comenzado ya desde el mes de julio del 2019 con las capacitaciones respectivas llevada a cabo en nuestro establecimiento ubicado en la Panamerica Sur y Castillo, Cajabamba. Esta tesis es de especial interés para nuestra fabrica por cuanto la metodología y las técnicas que se desarrollen seguro nos será útil para la futura automatización de nuestras maquinas. El proyecto tendrá una duración de acuerdo a la planificación y cronograma dentro de los plazos que este trabajo de tesis lo requiera. El Sr. Tenemaza queda comprometido a cumplir con los objetivos planteados en su trabajo y los resultados obtenidos serán debidamente socializados en todas las intituciones que forman parte de este proyecto de investigación incluyendo nuestra fábrica.

Somos conscientes de que la colaboración entre instituciones es vital para el avance científico y tecnológico de nuestro país, por lo que reitero mi total compromiso de seguir colaborando con ustedes en el desarrollo sostenible del mismo.

ATENTAMENTE



Segundo A. Llerena I.

GERENTE PROPIETARIO

c/c al Archivo EcoSur

*Fig. 59 Carta de apoyo por Prefabricados San Sebastian*

*Fuente: EcoSur*

Anexo 4. Reconocimiento in situ del proyecto de investigación.



*Fig. 60 Visita al lugar in situ del proyecto de investigación*

*Fuente: Autor*

Anexo 5. Proceso de fabricación de teja TMC por trabajadores Prefabricados San Sebastian.



*Fig. 61 Fabricación de TMC*

*Fuente: Autor*

Anexo 6. Proceso de fabricación de TMC por el tesista



*Fig. 62* Fabricación de teja por tesista

*Fuente:* Autor

Anexo 7. Toma de mediciones del proceso de fabricación de tejas



*Fig. 63* Toma de mediciones

*Fuente:* Autor

Anexo 8. Reconocimiento visual del balde mezclador que pertenece a Ingeniería Industrial de la UNACH



*Fig. 64 Balde mezclador*

*Fuente: Autor*



*Fig. 65 Motor para el balde mezclador*

*Fuente: Autor*

Anexo 9. Reconocimiento de balde mezclador que pertenece a Prefabricados San Sebastian



*Fig. 66 Balde mezclador*

*Fuente: Autor*

Anexo 10. Despiece de la máquina TEVI



*Fig. 67 Despiece de la máquina TEVI 1*

*Fuente: Autor*



*Fig. 68 Despiece de la máquina TEVI 2*

*Fuente: Autor*

Anexo 11. Almacenamiento de datos en EXCEL de las mediciones tomadas en Prefabricafos San Sebastian.

	13-dic	14-ene	16-ene	06-feb	13-feb
1					
2					
3					
4	PRIMERA	PRIMERA	PRIMERA	PRIMERA	PRIMERA
5	Tiempo de tel	Tiempo vibracion	Tiempo de tel	Tiempo vibracion	Tiempo de tel
6	2.5	0.46	0.3	1.43	0.41
7	0.5	0.55	0.27	2	1.26
8	1	0.58	0.24	3	1.85
9	0.5	0.58	0.25	4	1.85
10	0.44	0.58	0.21	5	1.85
11	1.03	0.55	0.32	6	1.12
12	1.25	0.58	0.25	7	1.04
13	0.45	0.59	0.27	8	1.11
14	0.46	0.58	0.29	9	1.22
15	0.51	1.09	0.25	10	1.08
16	0.48	11	0.56	11	1.21
17	0.58	12	1.22	12	1.08
18	2.1	Cambio trabajador	13	1.19	0.36
19	0.46	12	1.09	14	1.04
20	0.51	13	1.13	15	1.11
21	0.59	14	1.2	16	1.08
22	1.36	15	1.09	17	1.15
23	1.04	16	1.13	18	1.15
24	1	17	1.5	19	1.06
25	1.53	18	1.2	20	1.5
26	0.54	19	1.16	21	1.23
27	0.48	20	1.28	22	1.09
28	0.48	21	1.38	23	1.12
29	0.44	22	3.2	24	1.01
30	0.49	23	1.2	25	1.04
31	2.36	24	1.17	26	1.04
32	1.06	25	1.18	27	1.04
33	0.52	26	1.17	28	1.01
34	0.54	27	1.4	29	1.05
		28	1.18	30	1.05

Fig. 69 Mediciones

Fuente: Autor

Anexo 12. Carta Aval proporcionado por la Fundacion EcoSur-Ecuador.



*Fig. 70 Carta Aval EcoSur*

*Fuente: Fundación EcoSur*