



OPCIÓN DE GRADO

SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN SIEC Y SIPAV

ELABORADO POR:

STEFANY YURLENDY URQUIJO BARRERA

DIRIGIDO POR:

ING. WILSON MEDINA SIERRA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TUNJA BOYACÁ

2021



OPCIÓN DE GRADO

SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN SIEC Y SIPAV

ELABORADO POR:

STEFANY YURLENDY URQUIJO BARRERA

CÓDIGO: 2205101

DIRIGIDO POR:

ING. WILSON MEDINA SIERRA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TUNJA BOYACÁ

2021



ÍNDICE

Glosario	5
1. Introducción	7
2. Objetivos	8
2.1. Objetivo general	8
2.2. Objetivos específicos	8
3. Periodo 2018-II	8
3.1. Diseño y construcción de una mesa vibratoria para la adquisición de datos	8
4. Periodo 2019-I	11
5. Periodo 2019-II.....	13
6. Periodo 2020-I	17
6.1. Producción audiovisual de videos sobre deriva, disipación de energía, ondas sísmicas, periodos de vibración de una estructura y resonancia.....	17
7. Periodo 2021-I	20
7.1. Artículo diseño y construcción de una mesa vibratoria para la adquisición de datos	20
7.2. Artículo implementación de la Poliurea en la ingeniería civil	21
8. Aportes	22
9. Conclusiones	23
10.Recomendaciones.....	24
11.Anexos.....	25
11.1. Carta de aprobación opción de grado	26
11.2. Certificado de horas periodo 2018-II	27
11.3. Certificado de horas periodo 2019-I	28
11.4. Certificado de horas periodo 20189-II	29
11.5. Certificado de horas periodo 2020-I	30
11.6. Carta de autorización de tratamiento y manejo de información	31
11.7. Carta Solicitud de revisión de productos	32
11.8. Artículo Diseño y construcción de una mesa vibratoria para la adquisición de datos	33
11.9. Artículo Implementación de la Poliurea en la ingeniería civil	34
11.10. Video derivas	35
11.11. Video Disipación de energía	36
11.12. Video Ondas sísmicas	37
11.13. Video Periodos de vibración de una estructura	38
11.14. Video Resonancia	39
11.15. Video Practica de funcionamiento de la mesa	40
11.16. Video Funcionamiento de la mesa vibratoria	41
11.17. Video explicación de la adquisición de datos de la mesa vibratoria	42
12.Referencias	25



TABLA DE FIGURAS

1. Mesa Vibratoria	9
2. Antiguo sistema mecánico	9
3. Desmontaje de piezas	9
4. Resistencia en ferro níquel	9
5. Controlador antiguo de velocidad	10
6. Antiguo motor	10
7. Motor 2212 1000kv Esc 40a7	10
8. Piñones diseñados	11
9. Nuevo controlador de velocidad	12
10. Brazo mecánico	12
11. Arduino UNO	13
12. Barras de silicona y uniones en PLA	13
13. Modelos tipo pórticos	14
14. Sensor infra rojo	14
15. Programación en Arduino	15
16. Sensor Ultrasónico	15
17. Programación de sensores	16
18. Extracción de datos en Arduino	16
19. Acelerómetro	16
20. Mesa vibratoria final	17
21. Video Resonancia	18
22. Video Deriva	18
23. Video Disipación de energía	18
24. Video Ondas sísmicas	19
25. Video Periodos de vibración de una estructura	19
26. Artículo diseño y construcción de una mesa vibratoria para la adquisición de datos	20
27. Artículo implementación de la Poliurea en la ingeniería civil	21



Glosario

1. **Mesa vibratoria:** Es una plataforma móvil que simula los movimientos de un sismo sobre un modelo estructural (Carrillo et al., 2013).
2. **Oscilación:** Es el movimiento que realiza un cuerpo en ir de una posición extrema a la otra y luego regresar a la primera (ABCDCBA), en el cual el cuerpo se mueve hacia uno y otro lado respecto a una posición de equilibrio (Mendoza, 2014).
3. **Potencia:** Es la rapidez con la que se realiza un trabajo o se gasta energía. En el SI, sistema internacional de unidades, la potencia se mide en Watts (Medrano, 2019).
4. **Torque:** Es aquella magnitud física de tipo vectorial que cuenta la capacidad que posee una fuerza para producir una rotación en los cuerpos en la cual se aplica (Scapini, 2015).
5. **Revoluciones:** Las RPM son una medida de frecuencia que indican con qué rapidez está funcionando dicha máquina en cierto momento (Saralegui et al., 2019).
6. **Piñón:** Es el elemento de la máquina con forma de rueda dentada. De dos ruedas dentadas que funcionan en conjunto, se le llama piñón a la que posee menor número de dientes (Duque, 2017).
7. **Engranaje:** Es el mecanismo utilizado para transmitir potencia mecánica entre las distintas partes de una máquina, formados por dos ruedas dentadas, de las cuales a la mayor se le denomina corona y a la menor piñón (KBE, 2015).
8. **Frecuencia:** Es el número de veces que se presenta un valor o categoría de una variable. Se representa por f (Espínola, 2018).
9. **Amplitud:** Es la máxima elongación el punto más alto de un valle o el más bajo de una cresta respecto a la línea de equilibrio (Verges, 2012).
10. **Adherencia:** Es el fenómeno de interacción física que se produce entre la masa de concreto y las barras cilíndricas de acero que se ahogan dentro de ésta, y que se localiza en la interfaz de estos dos materiales, permitiendo la transferencia y continuidad de esfuerzos y fuerzas entre los dos cuerpos en contacto, asegurando con ello un trabajo en conjunto (Domínguez, 2013).
11. **Sismo:** Es un fenómeno geológico que ocurren repentinamente producto de la liberación súbita de la energía acumulada en una zona del interior de la Tierra (Chuy, 2013).
12. **Tensión:** Es una magnitud vectorial, por lo tanto, queda definida mediante tres parámetros: intensidad, dirección y sentido. Por otro lado, la dimensión que tiene es la de una fuerza por unidad de área, y puede medírsela, por ejemplo, en Kg/cm^2 (KN/cm^2) (Canet, 2004).
13. **Voltaje:** Es la presión que ejerce una fuente de suministro de energía eléctrica o fuerza electromotriz (FEM) sobre las cargas eléctricas o electrones en un circuito eléctrico cerrado, para que se establezca el flujo de una corriente eléctrica (Hernández, 2016).



14. **Simetría:** Es la disposición de las diferentes partes de un sujeto de una forma ordenada y correspondiente, es decir, en el sistema de cargas que actúa sobre una estructura, las cargas deben tener el mismo módulo, dirección y sentido (Varela, 1992).
15. **Pórtico:** Es un sistema estructural formado por vigas y pilares. las vigas apoyan sobre los pilares transmitiéndoles la carga (Moscardo et al., 2018).
16. **Deformaciones:** Es una alteración del estado físico de una estructura debido a una fuerza mecánica externa, a una variación de temperatura, a un cedimiento de apoyos, etc. (Morales, 2016).
17. **Arduino:** Es un micro controlador de código abierto, una sencilla y económica placa con entradas y salidas, analógicas y digitales, en un entorno de desarrollo en el lenguaje de programación Processing basado en Java con una fácil curva de aprendizaje (Proserquisa, 2019).
18. **Sensor infrarrojo:** Son dispositivos opto-eléctrico capaces de medir la radiación electromagnética de los cuerpos en su campo de división, es decir que se cuenta con emisor y un detector, cuando el objeto se interpone entre ambos, la recepción de la luz IR se ve interrumpida y se genera una señal (Conner & Ortiz, 2012).
19. **Sensor ultrasónico:** Es un dispositivo electrónico que cuenta con un transmisor que envía una señal ultrasónica con frecuencias mayores a 20 KHz y esta a su vez se refleja sobre un determinado objeto y la reflexión es detectada por un receptor (Lopez, 2010).
20. **Deriva:** Es el desplazamiento horizontal relativo entre dos puntos colocados en la misma línea vertical, en dos pisos o niveles consecutivos de la edificación (AIS, 2010).
21. **Disipación de energía:** Se logra mediante la introducción de dispositivos especiales en una estructura, con el fin de reducir las deformaciones y esfuerzos sobre ella producidos por el sismo mediante el aumento del amortiguamiento estructural (Sigweb, 2010).
22. **Ondas sísmicas:** Son aquellas perturbaciones tensionales que se propagan en el interior de la Tierra, se producen en la corteza terrestre, este movimiento es producto de la energía liberada a partir de un foco llamado hipocentro en las placas tectónicas. (Zafra, 2017).
23. **Periodos de vibración:** Es un parámetro clave para el diseño sísmico de una estructura; en el caso de construcciones existentes es un valor que puede ayudar a determinar las condiciones actuales de seguridad estructural (Peralta et al., 2014).
24. **Resonancia:** Es un fenómeno en el cual la frecuencia de las fuerzas oscilantes coincide con alguna de las frecuencias naturales de las estructuras elásticas provocando daños importantes hasta el colapso estructural (Peralta et al., 2014).
25. **Poliurea:** Es un polímero sintético obtenido de la reacción de una diamina con un diisocianato (Dager, 2019).



1. INTRODUCCIÓN

El presente documento es un informe ejecutivo que representa las labores realizadas en el semillero de investigación SIEC y SIPAV dentro del proyecto “Sistemas de alertas temprana y tipologías estructurales de construcciones en la ciudad de Tunja”, durante los periodos académicos entre el 2018-II y el 2021-I, actividades supervisadas por el Ingeniero Wilson Medina Sierra, informe que destaca la importancia y prioridad de la revisión principal de los productos académicos elaborados durante todo el proceso de investigación, en el cual se le dio cumplimiento a las 300 horas estipuladas en el reglamento de la universidad.

Este informe consta del trabajo desarrollado durante todo el semillero de investigación el cual se dividió en tres productos: el diseño y construcción de una mesa vibratoria para la adquisición de datos, la producción audiovisual de videos académicos y la investigación de la poliuria como nuevos materiales de la ingeniería civil. Cabe resaltar que tanto la adecuación, construcción y mejoramiento de la mesa vibratoria, como la entrega de los dos artículos académicos y los videos hacen parte de la aspiración de la estudiante Stefany Yurlendy Urquijo Barrera por titularse como ingeniera civil de la universidad Santo Tomás seccional Tunja, por medio de la opción de grado de semillero de investigación.

Además de esto se informa que se estaba trabajando en el desarrollo de la primera mesa vibratoria de la universidad junto con otros dos compañeros, proyecto que se postergó por causas de la pandemia actual COVID -19 durante el periodo académico 2020-II, situación que impuso restricciones para el continuo trabajo presencial, por lo que se optó por desarrollar contenido audiovisual de temas académicos relacionados con el área de estructuras, compuesto por cinco videos sobre derivas, disipación de energía, ondas sísmicas, periodos de vibración de una estructura y resonancia, además de esto se elaboró dos artículos de revisión sistemática sobre la implementación de la Poliurea en la ingeniería civil y el diseño y construcción de una mesa vibratoria para la adquisición de datos, productos del semillero entregados como proceso académico.

Este informe consta de la descripción de cada una de las actividades desarrolladas durante las horas aprobadas en los diferentes periodos académicos, junto con los anexos fotográficos, los videos, la carta de aprobación como opción de grado firmada por el comité de grado, las certificaciones de las horas semestrales firmadas por el comité curricular, la carta de autorización de tratamiento y manejo de información, firmada por los antiguos participantes del semillero y los dos artículos académicos con aspiración de publicación en la revista institucional L’esprit Ingenieux.



2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar productos académicos en el área de estructuras dentro del semillero de investigación SIEC y SIPAV que sean aptos para la opción de grado como proceso investigación de calidad.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y construir una mesa vibratoria en la cual se pueda evaluar la respuesta de un modelo estructural a una escala reducida ante la presencia de la simulación de un sismo.
- Crear modelos de sistemas estructurales a escala reducida con materiales que permitan observar las deformaciones y los daños que se pueden presentar en una estructura en una situación real de sismo.
- Programar sistemas electrónicos que permitan la extracción de datos de la mesa vibratoria a través de ensayos con diferentes modelos estructurales.
- Elaborar un artículo académico en base al trabajo realizado con la creación de un prototipo de mesa vibratoria el cual sirva de referencia para nuevas investigaciones en el tema.
- Generar contenido audiovisual de temas del área de estructuras como material de apoyo de las asignaturas principales de la carrera de ingeniería civil.
- Realizar una investigación sistematizada sobre la Poliurea para desarrollar un artículo académico que aporte nuevos conocimientos de materiales novedosos en el área de la construcción y el refuerzo estructural.

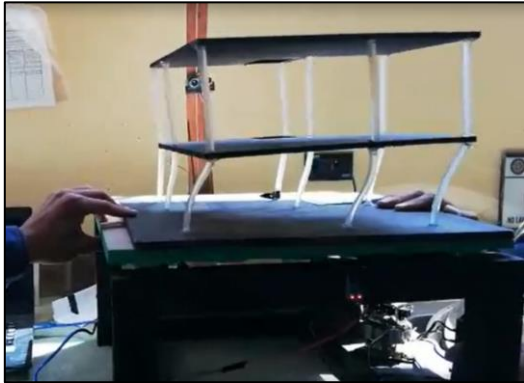
3. PERIODO 2018-II

3.1. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MESA VIBRATORIA PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS

Al empezar el proyecto de la mesa vibratoria en base a un prototipo ya existente en la universidad, lo primero que se realizó fue una adecuación de la mesa. Para esto, se realizaron los primeros ensayos de funcionamiento, con lo cual se pudo evaluar el estado en el que se encontraba, sus defectos y limitaciones a la hora de ejecutar su movimiento. Según la revisión realizada del prototipo se pudo observar que presentaba unas correas de caucho en muy mal estado que se encargaban de impulsar el sistema mecánico de la mesa, y que este a su vez era muy obsoleto para lo que se necesitaba.

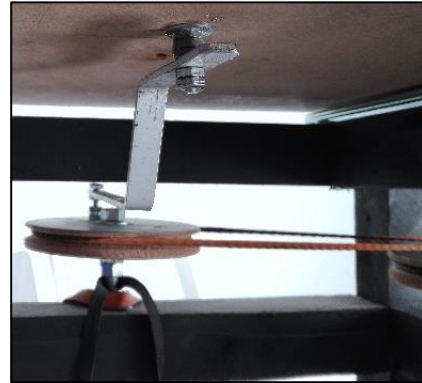


Figura N°1. Mesa Vibratoria.



Fuente: (Elaboración propia).

Figura N°2. Antiguo sistema mecánico.



Fuente: (Elaboración propia).

Así mismo se encontró que este sistema mecánico estaba mal ejecutado por lo que al prenderse la mesa el movimiento no era constante, sus giros no eran completos en muchos de los casos y se obstruía su movimiento ya que el brazo que tenía no alcanzaba a recorrer la distancia necesaria, lo que hacía que esta sonara muy duro y se calentara el motor que era de muy baja potencia y calidad.

Figura N°3. Desmontaje de piezas.



Fuente: (Elaboración propia).

Figura N°4. Resistencia en ferro níquel.

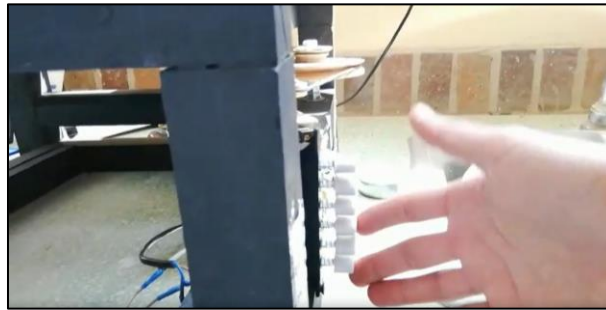


Fuente: (Elaboración propia).

Luego se tuvo que desmontar todo el sistema mecánico de la estructura de madera para realizar una limpieza de todo el armazón que estaba lleno de polvo y mugre. Además de la limpieza se lijó todas las piezas de madera para eliminar impurezas y alisar la superficie de la plataforma y se le dio una capa de pintura para proteger la madera de agentes externos y darle un aspecto más estético a la mesa vibratoria.



Figura N°5. Controlador antiguo de velocidad.



Fuente: (Elaboración propia).

Al tratar de realizar de nuevo el ensamblaje del sistema mecánico que tenía la mesa, se observó que los cauchos que tenía ya estaban rotos y no existían repuestos de este material, además de que su función no cumplía con lo que se requería por lo que se analizó la manera de cambiar ese sistema mecánico por uno nuevo. Para realizar este cambio en la mesa vibratoria lo primero que se hizo fue evaluar qué forma oscilatoria sería la más adecuada para la mesa. Después de revisar diferentes formas mecánicas de generar el movimiento oscilatorio se decidió cambiar el motor a uno eléctrico tipo brushless o sin escobillas.

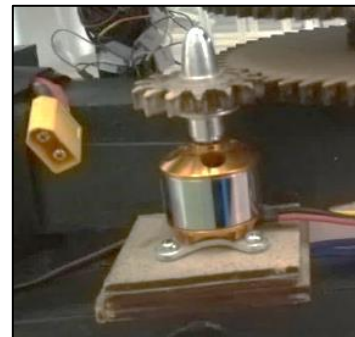
Este motor permitió que el sistema funcionara por medio de la transformación de energía eléctrica en energía mecánica capaz de generar un movimiento más continuo y funcional para la forma oscilatoria que se necesitaba. Así mismo, este dispositivo introdujo la velocidad, potencia y el torque preciso para que la mesa vibratoria pudiera simular un sismo a escala reducida y se pudiera observar los efectos de este sobre una estructura.

Figura N°6. Antiguo motor.



Fuente: (Elaboración propia).

Figura N°7. Motor 2212 1000kv Esc 40a7.



Fuente: (Elaboración propia).

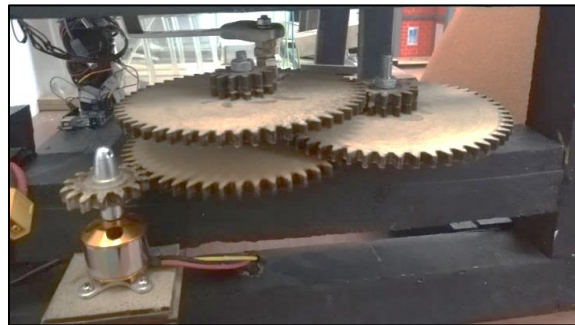


4. PERIODO 2019-I

Con el nuevo motor como la mejor opción para la mesa, también se debía tener en cuenta que una de las ventajas de este, es que es de fácil control, por medio de un generador de pulsos PWM, para regular su velocidad, pero como desventaja este motor funcionaba a muy altas revoluciones, debido a esto se tuvo que realizar un sistema de reducción por medio de piñones para convertir velocidad del motor en fuerza y poder mover la plataforma superior de la mesa de la manera más adecuada posible.

Durante este proceso, se tomó en cuenta la asesoría de algunos profesores de ingeniería mecánica de la universidad y de videos tutoriales en los cuales enseñaban desde cero a diseñar los piñones, teniendo en cuenta la función de para que se quería, el número de dientes, el material, entre otros aspectos necesarios en un sistema de engranaje funcional. Estos piñones se calcularon para luego ser diseñados en AutoCAD y después cortados a láser en MDF. Luego de varios ensayos y error se obtuvo los engranajes que mejor encajaban para el sistema mecánico que se quería para la mesa.

Figura N°8. Piñones diseñados.



Fuente: (Elaboración propia).

En la simulación de un sismo se debe poder variar la frecuencia de oscilación y la amplitud del movimiento. Para obtener estas variables se realizaron diferentes orificios o perforaciones en el piñón de mayor diámetro, así al realizar el movimiento oscilatorio por medio del brazo se podía obtener diferentes amplitudes. Además, para aumentar o disminuir la frecuencia se aumenta o disminuye la velocidad en el motor, proceso que se ejecutó por medio de un potenciómetro que varía en mayor y menor cantidad los pulsos que son enviados al controlador de velocidad (ESC).



Figura N°9. Nuevo controlador de velocidad.



Fuente: (Elaboración propia).

Al tener variaciones en la velocidad de la mesa se encontró que el brazo mecánico no estaba girando por completo, presentaba frenado y fallas en el sistema porque las tuercas que lo sujetaban estaban muy apretadas y si se soltaban, la unión del brazo a la mesa con el movimiento se hacía nulo. Por lo consiguiente, se procedió a adaptar unos rodamientos adheridos con masilla al brazo en cada una de sus uniones que junto con las arandelas y las tuercas permitió que el movimiento del sistema mecánico fuera más efectivo y seguro. Así, cada vez que el movimiento de la mesa fuera más rápido, no se iba a tener el problema de que se soltara la mesa vibratoria.

Figura N°10. Brazo mecánico.



Fuente: (Elaboración propia).

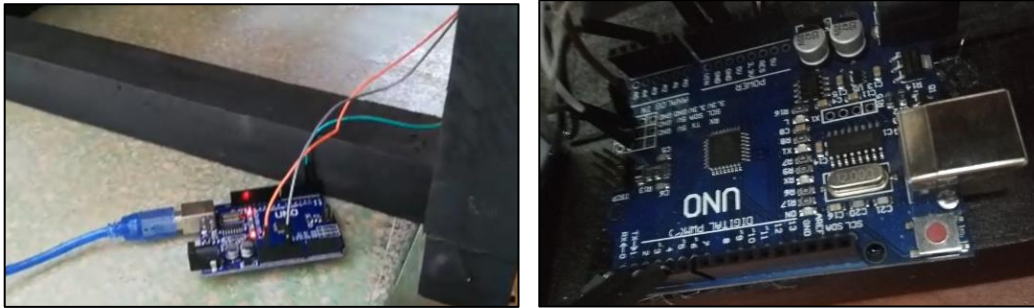
Uno de los aspectos más importantes de la mesa vibratoria es que se pueda ver el cambio de vibraciones o movimientos en ella, en especial sobre los modelos en los que se va a evaluar el fenómeno físico del sismo, por lo cual fue de gran valor agregarle a la mesa un potenciómetro el cual era el encargado de variar manualmente la tensión y el voltaje con el que el motor hacía mover la mesa y con esto su velocidad. Además de esto, se introdujo en el sistema mecánico un acelerómetro para evaluar y medir las aceleraciones producidas por la mesa en Gs, dato que también se necesitaba para el análisis de estructuras y materiales en presencia de un sismo.

Gracias a la implementación de estos dispositivos electrónicos la mesa presentó un avance mecánico dirigido al control de sus funciones, organizando de manera



práctica cada componente para aprovechar la señal eléctrica y permitir el desarrollo continuo del sistema con movimientos más simétricos y eficientes a la hora de simular un sismo, y a su vez que los datos e información que se puedan extraer sean lo más exactos posibles.

Figura N°11. Arduino UNO.



Fuente: (Elaboración propia).

5. PERIODO 2019-II

La simulación del sismo aparte del sistema mecánico de la mesa vibratoria necesita maquetas que reemplacen los modelos constructivos comúnmente utilizados por la sociedad a escala reducida, para esto se diseñó y construyó pórticos por medio de barras de silicona para las vigas y las columnas de la estructura, y para la unión de estas barras se utilizó piezas en PLA al estilo de lego que se diseñaron en AutoCAD y se imprimieron en 3D a láser, con la finalidad de que se pudieran desarmar y armar en diferentes formas y sistemas constructivos como pórticos simples, con diagonales, más y menos cantidades de pisos, entre otras variaciones.

Figura N°12. Barras de silicona y uniones en PLA.



Fuente: (Elaboración propia).

La iniciativa de realizar las maquetas en estos materiales se debe a que la silicona es un polímero que muestra fácilmente las deformaciones del material con el



movimiento de la mesa, similar a los de las viviendas en presencia de un evento sísmico, lo que permite que sea más fácil la extracción y cálculo de los datos necesarios para entender los efectos del sismo en las construcciones. Así mismo, para que fuera más evidente el desplazamiento del pórtico sobre la mesa, en reemplazo de las zapatas, comúnmente la base de las construcciones, se puso velcro en la plataforma superior de la mesa y en la base de los modelos para que este se sujetara y quedara unido a la tabla como las viviendas al suelo y que con el movimiento de la mesa no saliera volando la estructura. Para la evidencia del funcionamiento de la mesa vibratoria se anexan al presente informe videos de las prácticas realizadas con las maquetas.

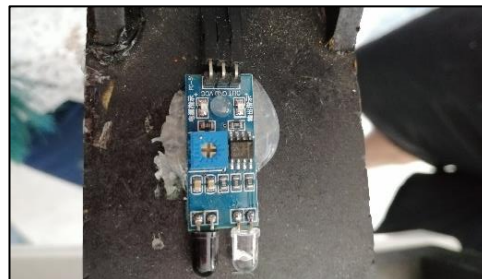
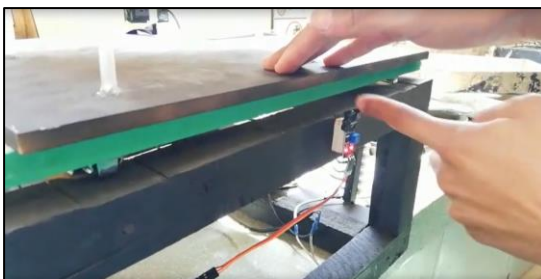
Teniendo completo el sistema mecánico de la mesa lo que se hizo fue implementar al sistema electrónico una serie de dispositivos capaces de generar datos influyentes a la hora de simular un sismo. En el caso específico de la medición de frecuencia de las deformaciones de las maquetas, se implementaron dos sensores. El primer sensor que se incorporó fue un sensor infrarrojo, el cual tiene la función de medir cuántas veces pasa un punto de control en un segundo por este sensor. De este modo, cada vez que la plataforma superior pasaba por el sensor se podía obtener la frecuencia a la cual la mesa estaba oscilando.

Figura N°13. Modelos tipo pórticos.



Fuente: (Elaboración propia).

Figura N°14. Sensor infra rojo.



Fuente: (Elaboración propia).

Este sensor se programó por medio de la plataforma Arduino con la función de interrupciones por medio de un código abierto. Esta función lo que permite hacer,

es aumentar el valor de un contador, aunque en ese mismo instante esté realizando otro proceso en un determinado tiempo. Gracias a este procedimiento se logra obtener un dato de salida en el cual se muestran cuántas oscilaciones por segundo está realizando la mesa vibratoria, ósea a cuantos Hz oscila la mesa.

Figura N°15. Programación en Arduino.

```
COCONO_FRECUENCIA_Arduino_1.0.2
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

COCONO_FRECUENCIA.g
// Este código muestra que se almacena en la RAM del Arduino

// Variables
int contador = 0; // Estado = 0, estado = 1, estado = 2 // Variable muestra que se almacena en la RAM del Arduino

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Inicialización de puerto
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT); // LED, ON/OFF, BITEO, FALLIDO
}

void loop() {
  // Estado de reposo
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // Con una interrupción por muestra contador = 0 (0Hz)
  Serial.println("0Hz"); // El número 2 depende del número de pines de la tarjeta del micro en protoboard
  contador = 0;
}

void interrupcion() { // Función que se ejecuta durante cada interrupción
  // Estado = 0
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // De momento se usa el contador
  contador++;
  Serial.println(contador);
}
```

Fuente: (Elaboración propia).

El segundo sensor utilizado para lograr medir las deformaciones es un sensor ultrasónico, el cuál envía una onda y en función del tiempo que ésta se demora en ir y rebotar en el objetivo para volver al sensor, siendo este el cálculo de una distancia recorrida. De modo que se puede deducir el trayecto cuando la mesa llega al fin de sus recorridos y la maqueta está en reposo.

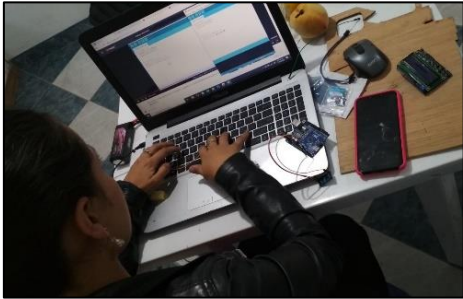
Figura N°16. Sensor Ultrasónico.



Fuente: (Elaboración propia).

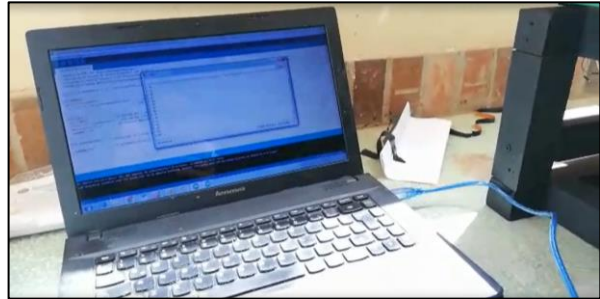
Cuando la mesa empieza a funcionar y la maqueta está sobre ella, al tener el movimiento oscilatorio la maqueta compuesta de silicona va a tener una deformación en determinado tiempo. Esta deformación se logra medir calculando la distancia mínima que llega a tener la maqueta y el sensor, para luego restarle la distancia del sensor a la maqueta en un estado de reposo.

Figura N°17. Programación de sensores.



Fuente: (Elaboración propia).

Figura N°18. Extracción de datos en Arduino.

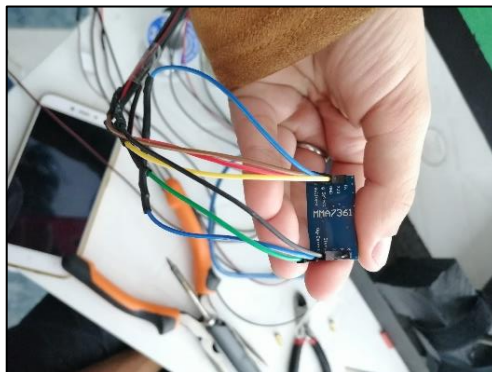


Fuente: (Elaboración propia).

La programación de este sensor también se realiza por medio de la plataforma de Arduino, en donde el valor de salida que entrega el sensor es el tiempo que tarda la onda en ir y volver a él, para esto se usa la ecuación de la velocidad, en donde se despeja la distancia teniendo como datos de entrada el tiempo y la velocidad, el código va guardando estas distancias y cada vez que hay una menor distancia la borra y guarda la más corta, de esta manera se obtiene la deformación máxima del modelo, con precisión de milímetros.

Para la conexión de todo el sistema electrónico se utilizó cables Dupont macho y hembra de 20 cm con conectores independientes en cada punta, con los cuales se pudo interconectar de manera eficiente y ordenada los sensores y los componentes del Arduino, para que este a su vez pudiera ser conectado al computador desde el cual se programó cada sistema y se manipuló cada uno de los datos e información recibida de la mesa vibratoria. Así mismo, cabe resaltar que para que el sistema electrónico funcionara también fue necesario soldar con estaño en cada una de las terminaciones de los sensores y a su vez se selló con termocontraíble cada uno de los empalmes de los dispositivos para evitar problemas con los alambres de cada componente.

Figura N°19. Acelerómetro.



Fuente: (Elaboración propia).



Otra de las variaciones que se le realizó a la mesa vibratoria fue el mecanismo de corriente la cual estaba por medio de cable con conexión a la toma, pero como el diseño y funcionamiento de la mesa era destinado a un sistema portátil, fácil de usar y de desplazar con acceso a todos los requerimientos de la universidad, era necesario que se adaptara su sistema a uno que pudiera implementarse en cualquier lugar y momento. Para esto, se le quitó la fuente de energía corriente y se adaptó a la de una fuente de alimentación por batería recargable. Para este sistema se utilizó una batería Lollipop la cual por su precio y pequeño tamaño se hacía muy útil su aplicación, este sistema permitió que todo el mecanismo de la mesa vibratoria estuviera al alcance de todos los estudiantes y profesores para un buen desarrollo de ensayos de laboratorio.

Figura N°20. Mesa vibratoria final.



Fuente: (Elaboración propia).

6. PERIODO 2020-I

6.1. PRODUCCIÓN AUDIOVISUAL DE VIDEOS SOBRE DERIVA, DISIPACIÓN DE ENERGÍA, ONDAS SÍSMICAS, PERIODOS DE VIBRACIÓN DE UNA ESTRUCTURA Y RESONANCIA.

Durante el periodo académico 2020-I se presentó la actual pandemia COVID -19, razón por la que se postergó los trabajos presenciales con la mesa vibratoria por motivos de confinamiento obligatorio. Ya que la mesa estaba en propiedad del laboratorio de estructuras de la universidad y que por la cuarentena preventiva se tuvo que viajar a los pueblos de origen, se dio por terminado el trabajo con el diseño y construcción de la mesa vibratoria ya que no se sabía el fin de las restricciones de transporte público y otros aspectos más que impedían el desarrollo del proyecto.

Por tal motivo, y con la finalidad de darle continuidad al semillero de investigación se optó por realizar diferentes labores académicas con las cuales se pudiera presentar productos de gran valor y relevancia en el área estructural como la



producción de videos y la elaboración de artículos. Cabe destacar que la mesa vibratoria quedó en buen estado y con una funcionalidad completa en lo que refiere a la simulación de sismos a escalas reducidas, incluyendo todo el sistema electrónico, mecánico, modelos y dispositivos necesarios para la extracción de datos por medio de un computador.

Figura N°21. Video Resonancia.



Fuente: (Elaboración propia).

Para el desarrollo audiovisual de videos académicos relacionados con temas de análisis estructural se tuvo en cuenta que la temática a tratar tendría un tiempo límite cinco minutos para que la información fuera clara, concisa y que a la hora de llegar al receptor el mensaje no se tornara de manera aburrida o se perdiera la iniciativa de adquirir un nuevo conocimiento.

Figura N°22. Video Deriva.



Fuente: (Elaboración propia).

Figura N°23. Video Disipación de energía.



Fuente: (Elaboración propia).

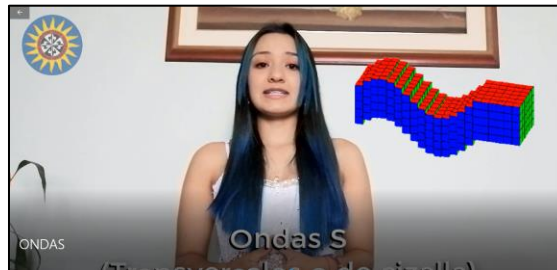
Tomando en consideración que los videos iban a ser material que podría ser utilizado por los docentes de la universidad como recurso académico para algunas asignaturas de la carrera de ingeniería civil, se escogieron cinco temáticas importantes: derivas, disipación de energía, ondas sísmicas, periodos de vibración de una estructura y resonancia, para los cuales se tuvo que realizar una revisión sistemática de documentos, libros, artículos y normas vigentes en la base de datos de la universidad y otros recursos académicos que hablaran sobre estos temas para



que la información que se iba a transmitir fuera veraz. Para la evidencia del trabajo desarrollado durante este periodo académico se anexa al presente informe los cinco videos respectivos como producto del semillero de investigación.

Luego de buscar la información necesaria de cada una de las temáticas se procedió a hacer un trabajo escrito de cada uno de ellos con el guion de información y contenido necesario del que se iba a hablar en cada video para luego proceder con la filmación de cada uno de ellos.

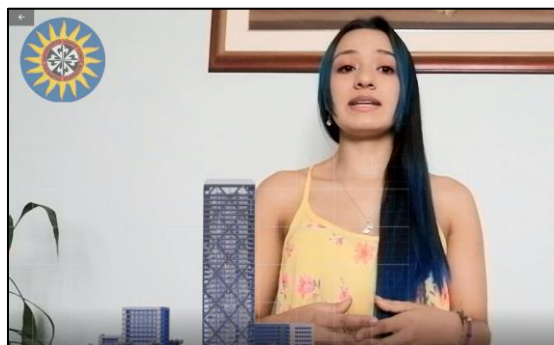
Figura N°24. Video Ondas sísmicas.



Fuente: (Elaboración propia).

Después de cada ensayo y error de grabación, y de tener los videos finales se procedió a la edición de cada uno de ellos en el programa Camtasia en el cual se introdujo el logo de la universidad, portada, contenidos, imágenes relacionadas con los temas, referencias entre otros aspectos técnicos para la buena producción de los videos.

Figura N°25. Video Periodos de vibración de una estructura.



Fuente: (Elaboración propia).

Es necesario resaltar que para el desarrollo y edición de los videos fue necesario la descarga de programas sofisticados de audio, video y edición, para los cuales fue indispensable asesorarse por medio de videotutoriales sobre cada una de sus funciones e instrucciones para su correcto manejo.



7. PERIODO 2021-I

7.1. ARTÍCULO DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MESA VIBRATORIA PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS

Luego del proceso de construcción y ensamblaje de la mesa vibratoria se procedió a la redacción de un documento académico en el cual se expresara los pasos que se tuvieron en cuenta para la elaboración de esta mesa, los avances que se han presentado a través del tiempo en estos dispositivos de medición de excitaciones dinámicas, los materiales utilizados para su fabricación con la función que implica cada uno de ellos en la mesa y por último el diseño tanto en el aspecto mecánico, electrónico y estructural.

Figura N°26. Artículo diseño y construcción de una mesa vibratoria para la adquisición de datos.



Fuente: (Elaboración propia).

Además de esto, se detalla el presupuesto total y la cantidad de dinero que le correspondió a cada estudiante donde se expone los gastos que implicó todo el proceso de fabricación de una mesa vibratoria funcional capaz de proporcionar datos necesarios para el análisis de una estructura ante la presencia de un sismo.

Cabe resaltar que este documento está basado en una revisión bibliográfica de las bases de datos institucionales para referenciar cada información suministrada en dicho documento para que su contenido se convirtiera en datos técnicos que sirvieran para el desarrollo de otras mesas vibratorias unidireccionales y para que el lector se enterara de cada uno de los pasos implementados para su ejecución.



7.2. ARTÍCULO IMPLEMENTACIÓN DE LA POLIUREA EN LA INGENIERÍA CIVIL

En el desarrollo del artículo académico sobre la Poliurea como nuevos materiales utilizados en la ingeniería civil lo primero que se hizo fue la escogencia del tema, el cual se seleccionó por criterios como su importancia en el área estructural, su calidad de novedoso y sus aspiraciones funcionales y su fácil aplicación y manejo en obras civiles.

Figura N°27. Artículo implementación de la Poliurea en la ingeniería civil.



Fuente: (Elaboración propia).

Este artículo se basó en una revisión sistemática de documentos, artículos, investigaciones realizadas sobre el material en otros países, fichas técnicas, blogs y videos sacados de la base de datos de la universidad y otros recursos académicos que hablaran sobre su historia, sus usos, los tipos, las propiedades a la hora de implementarlos a la construcción, sus aplicaciones en la ingeniería civil, sus métodos de aplicación, sus protecciones posteriores, su caducidad, la ventajas de utilizar este producto en elementos estructurales, los equipos necesarios para su aplicación y manejo, el riesgo que implica este material en la salud humana y sus afectaciones en el medio ambiente, sus acabados, mantenimientos, cuidados y reparación de obras con Poliurea, el destino final de residuos de construcciones que hayan implementado este material en obra y por ultimo artículos que hayan utilizado el material con aleaciones, mezclas, refuerzos u otras finalidades en la ingeniería civil.

Luego de la recuperación de información de diferentes fuentes se procedió a redactar y desarrollar el artículo en el cual se explica cada uno de los ítems



investigados sobre este material bastante prometedor para industria constructiva, la cual por cuestiones de tecnología y desarrollo avanza cada día.

8. APORTES

Durante los cinco semestres destinados al trabajo del semillero de investigación en el área de sistemas de alertas tempranas y en el desarrollo de tres productos principales, los aportes más significativos han sido los siguientes:

1. Revisión conceptual y estudio crítico de fórmulas y métodos mecánicos para el diseño y cálculo de piñones.
2. Generación de un prototipo de mesa vibratoria que aporta herramientas de precisión para evaluar excitaciones dinámicas en ensayos no destructivos y destructivos por medio del análisis de frecuencias, desplazamientos, velocidades y aceleraciones del sistema, variables que pueden determinar los efectos de un sismo sobre una edificación.
3. Traducción de líneas de código según los datos obtenidos a través de los sensores para la programación de actuadores en Arduino.
4. Concientización de los métodos y formas de construir que estamos llevando a cabo en la actualidad.
5. Producción de un mecanismo que verifique la vulnerabilidad de modelos a escala reducida de edificaciones sismo resistentes.
6. Construcción de una mesa vibratoria capaz de evaluar modelos dinámicos estructurales complejos de manera en que se puede analizar el desempeño de diferentes estructuras y de este modo diseñar soluciones eficientes para enfrentar de manera más segura los próximos fenómenos naturales que se presenten en Colombia sin repetir los riesgos y errores constructivos que se han podido evitar en las catástrofes que han sucedido a través de la historia.
7. Elaboración de material educativo con el cual se puede difundir conocimientos nuevos a los estudiantes que están en pleno proceso de aprendizaje y que les favorece a la hora de desarrollar pensamiento crítico ante cualquier situación.
8. Interpretación de conceptos básicos sobre deriva, disipación de energía, ondas sísmicas, periodos de vibración de una estructura y resonancia.
9. Creación de contenido audiovisual didáctico para la adquisición de conocimientos y teoría del área análisis estructural.
10. Edición de contenido académico para la unión de información por medio de efectos digitales y de archivos informáticos.
11. Exposición de las falencias en conceptos básicos y en pensamiento crítico a la hora de desarrollar proyectos que no tienen la finalidad de salvaguardar la vida de las personas y proteger su patrimonio.



12. Conceptualización teórico-química de los componentes principales de la Poliurea.
13. Revisión sistemática de artículos y documentos académicos para la adquisición de información cuantitativa y cualitativa de estudios primarios de la Poliurea.
14. Elaboración de dos artículos académicos con contenido de alta calidad e información valiosa sobre temas relacionados con la ingeniería civil.
15. Referenciación de documentos, artículos, investigaciones realizadas en otros países, fichas técnicas, blogs, videos, bases de datos y otros recursos académicos utilizados en todo el desarrollo del semillero.
16. Formación propia y de los lectores del artículo al adquirir y compartir información que contribuya al mejoramiento de un área de la ingeniería sismorresistente como es la producción y generación de nuevos materiales amigables con el medio ambiente y de excelente calidad para construcciones más eficientes.

9. CONCLUSIONES

1. El trabajo realizado durante todos los periodos académicos ha permitido afianzar mis conocimientos adquiridos dentro de cada una de las áreas de la ingeniería civil, en especial en el área estructural donde he podido poner en práctica conceptos y teorías en el diseño y construcción de una mesa vibratoria.
2. La implementación de una mesa vibratoria a las aulas académicas permite que los estudiantes a la hora de ejecutar sus funciones entiendan y observen los efectos reales a una escala reducida de lo que puede suceder con las construcciones actuales y con todas aquellas que no tomaron en cuenta un diseño sismo resistente.
3. Al monitorear los desplazamientos laterales que tuvieron los modelos en silicona se pudo identificar los fallos y las posibles soluciones a los actuales sistemas constructivos, que por medio de refuerzos, materiales más resistentes y diseños más adecuados pueden darle a la sociedad una opción más segura en caso de un evento sísmico.
4. Uno de los aspectos más importantes de ser ingeniero civil es tener los conceptos claros a la hora de enfrentarse a una situación de la vida real para poder ejecutar una solución de manera adecuada, para esto, se desarrolló una ayuda audiovisual de manera muy didáctica explicando temas de gran importancia en el área de análisis estructural para que los estudiantes puedan adquirir más fácilmente aquellos conocimientos que van a ser necesarios en el desarrollo de su carrera profesional.
5. Ser ingeniero implica tener la capacidad de crear y diseñar en base a sus conocimientos técnicos sobre las cosas, desarrollando con perspectiva proyectos de manera integral que no solo cumplan sus funciones si no que



le aporten algo a la sociedad en la que vivimos, gracias a esto se entiende la necesidad de desarrollar contenido que afiance el conocimiento de los estudiantes en las áreas más importantes de la carrera.

6. El mundo está en constante cambio y entre ellos avanza también a diario los materiales y formas de construir, como en el caso de la Poliurea, por esta razón un buen ingeniero es aquel que está a la vanguardia de nuevos descubrimientos constructivos y que vayan a la mano de construcciones sostenibles que permitan edificaciones más eficaces ante la presencia de fenómenos naturales.
7. La Poliurea es uno de los materiales más novedosos a la hora de hablar de construcciones más seguras, por esto la importancia de entender sus aplicaciones en la ingeniería civil y su desarrollo en el área de construcciones sismo resistentes.

10. RECOMENDACIONES

Una vez concluidas las horas del semillero de investigación y culminado los productos académicos se enuncian una serie de recomendaciones cuya implementación son de gran importancia para un mejor desarrollo de los temas tratados anteriormente:

- Diseñar y construir modelos a escala reducida de edificaciones con materiales reales de construcción de manera que se evalúe teniendo en cuenta las dimensiones y las propiedades inherentes de las materias primas comúnmente utilizadas en las obras de ingeniería civil ante la presencia de un sismo.
- Desarrollar un código más avanzado en el cual se profundice la programación de instrucciones con un lenguaje de alto nivel para que el circuito integrado de Arduino ejecute correctamente los componentes necesarios para que funcione el microprocesador con órdenes de frecuencia, aceleraciones, deformaciones entre otros.
- Ampliar los temas y las áreas de videos académicos para que los estudiantes de la universidad cuenten con una base más grande de tutoriales e información necesaria para su carrera.
- Crear un canal estudiantil de YouTube en donde se puedan subir y buscar estos tutoriales académicos con más facilidad y con libre acceso a todo aquel que necesite aprender de una manera más didáctica y con infinidad de información verídica sobre el área de ingeniería civil.
- Realizar ensayos de laboratorio en base a la información investigada sobre la Poliurea para comprobar sus propiedades y características como refuerzo estructural o en dado caso potenciarlas.



- Extender la revisión sistemática de documentos académicos que proporcionen más información de cantidades, procedimientos y metodologías más exactos sobre las aplicaciones de la Poliurea en la ingeniería civil.

11. ANEXOS

- 11.1. Carta de aprobación opción de grado.
- 11.2. Certificado de horas periodo 2018-II.
- 11.3. Certificado de horas periodo 2019-I.
- 11.4. Certificado de horas periodo 20189-II.
- 11.5. Certificado de horas periodo 2020-I.
- 11.6. Carta de autorización de tratamiento y manejo de información.
- 11.7. Carta Solicitud de revisión de productos.
- 11.8. Artículo Diseño y construcción de una mesa vibratoria para la adquisición de datos.
- 11.9. Artículo Implementación de la Poliurea en la ingeniería civil.
- 11.10. Video derivas.
- 11.11. Video Disipación de energía.
- 11.12. Video Ondas sísmicas.
- 11.13. Video Periodos de vibración de una estructura.
- 11.14. Video Resonancia.
- 11.15. Video Practica de funcionamiento de la mesa.
- 11.16. Video Funcionamiento de la mesa vibratoria.
- 11.17. Video explicación de la adquisición de datos de la mesa vibratoria.

12. REFERENCIAS

- AIS, A. C. de I. S. (2010). Reglamento Colombiano de Diseño y Construcción Sismo Resistente. *Nsr-10, Título A*, 1–174.
- Canet, J. (2004). Introducción a la resistencia de materiales. *Estabilidad II. Capítulo 1*.
- Carrillo, J., Bernal, N., & Porras, P. (2013). Evaluación del diseño de una pequeña mesa vibratoria para ensayos en ingeniería sismo-resistente. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 42(5), 635–652. <https://doi.org/10.1002/EQE.2234>
- Chuy, T. (2013). Sismos ciencia y comunidad en la gestión de riesgos naturales una



responsabilidad compartida. *Fortalecimiento de La Capacidad de Gestión Para La Reducción de Riesgo Sísmico En La Provincia Santiago de Cuba.* https://eird.org/pr14/cd/documentos/espanol/CaribeHerramientasydocumentos/Capacitacion/CARE_CENAIIS_Cuba_SismoCienciaycomunidadenlagestionde losriesgosnaturales.pdf

Conner, C., & Ortiz, J. (2012). Sistema Automatizado de Control y Registro de Entrada/Salida de los Usuarios de la Biblioteca Salomón de la Selva de la UNAN-Managua. *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Recinto Universitario Rubén Darío. (RURD).* <https://repositorio.unan.edu.ni/3205/1/70042.pdf>

Dager, S. E. (2019). Diseño de sistema de aprovechamiento de residuos sólidos resultantes del proceso de recubrimiento con poliuretanos elastomeros y poliurea. *Universidad El Bosque. Facultad de Creación y Comunicación Diseño Industrial.*

Domínguez, N. (2013). La adherencia en el concreto reforzado: breve revisión histórica de la investigación del fenómeno. *Investigación y Ciencia. Universidad Autónoma de Aguascalientes.* <https://biblat.unam.mx/hevila/InvestigacionycienciaUniversidadautonomadeaguascalientes/2013/no58/8.pdf>

Duque, P. (2017). Guía técnica para el diseño y cálculo de engranajes para reductores de velocidad. *Universidad Técnica Federico Santa María. Departamento de Ingeniería Mecánica. Valparaíso Chile.*

Espínola, A. (2018). Estadística aplicada a la Investigación. *Microsoft - 2- Estad Descriptiva FCM18.*

Hernández, F. (2016). Voltaje, corriente y potencia eléctrica. *Y Se Hizo La Luz. Secretaría de Educación Pública. Ciudad de México.* <http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/12235/1/images/voltaje.pdf>

KBE. (2015). *Fundamentos del KBE (Knowledge Based Engineering). Aplicación al diseño de engranajes de ejes paralelos con Catia.: Vol. Capítulo 6. Vol 5.*

Lopez, A. (2010). Sistema de proximidad ultrasónico. In *Instituto Politecnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (Vol. 1).* <http://ptesis.bnct.ipn.mx>

Medrano, E. (2019). Electrodinámica. Potencia eléctrica. *Electricidad y Magnetismo.*



Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo.

Mendoza, J. (2014). Oscilaciones y ondas mecánicas. *Capítulo 9.*

Morales, R. (2016). Deformaciones de las estructuras. *Revista de La Universidad de Mendoza.*

Moscardo, E., Delgado, A., Fernández, A., & Bascon, M. (2018). *Tipología estructural*. Estructuras 1. Departamento de Mecánica de Medios Continuos, Teoría de Estructuras e Ingeniería de Terreno. E. T. S. de Arquitectura. Universidad de Sevilla. <https://personal.us.es/ejem/wp-content/uploads/2016/02/T02-Tipologia-estructural.pdf>

Peralta, H., Sanchez, S., & Arroyo, R. (2014). Incertidumbre en la evaluación de periodos en edificios de mampostería tipo INFONAVIT ubicados en Chilpancingo, Guerrero. *Investigación y Ciencia, Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 64, 11–18. <https://go.gale.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA461444768&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=16654412&p=IFME&sw=w>

Pontificia Universidad Javeriana. (2008). *Norma ICONTEC Sexta Edición*. 31. https://www.javerianacali.edu.co/sites/ujc/files/normas_icontec.pdf

Proserquisa. (2019). Curso de Arduino Lección 1. *Equipo de Laboratorio Didáctico*. San Salvador. <http://cursoarduino.proserquisa.com/wp-content/uploads/2016/10/Tutorial-1-Introduccion-a-Arduino.pdf>

Saralegui, G., Pary, G., & Marconi, M. (2019). *Apunte de cátedra - Parámetros de semejanza en MCIA*. 1–16.

Scapini, A. (2015). Torque y equilibrio. *Instituto Nacional. Departamento de Física*.

Sigweb. (2010). DISIPACION DE ENERGIA. *División Difusión y Comunicaciones. El Portal de Los Expertos En Prevención de Riesgos de Chile*. www.sigweb.clinfo@sigweb.cl

Varela, J. (1992). Simetría y estructura. *Revista Universidad Nacional 1944 - 1992. Departamento de Física*, 8(26), 27–32.

Verges, J. (2012). Clasificación De Ondas. *Física de La Buena. Ondas*.



Zafra, D. (2017). Ondas Sísmicas, su importancia para la geofísica y la humanidad. *Universidad Industrial de Santander. Escuela de Física. Curso de Ondas Electromagnéticas.*

https://www.researchgate.net/publication/322747134_ONDAS_SISMICAS_su_importancia_para_la_geofisica_y_la_humanidad