

## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MARCO PROTOTIPO DE UNA BICICLETA URBANA

David Gonzáles  
d-avidsgj@hotmail.com  
Universidad Técnica del Norte

### RESUMEN

En este proyecto se desarrolló una propuesta para el diseño de un marco de bicicleta tipo urbano, con la finalidad de proponer como un prototipo para la implementación como medio de transporte en la UTN (Universidad Técnica del Norte). Se estableció un diseño adecuado para el marco de bicicleta, por otro lado también se elaboró una encuesta para establecer necesidades de los futuros usuarios, así como también se encontró estudios actuales que facilitaron establecer los distintos parámetros, como fórmulas y consideraciones a través de los que se logró obtener el dimensionamiento de la estructura. Para la elaboración de los modelos matemáticos y obtención de resultados se utilizó el Software computacional, donde fue posible encontrar las deformaciones para las tuberías y acoples de la rueda trasera. Después de haber obtenido los distintos valores de la simulación también se calculó los factores de seguridad por medio de aplicación de fórmulas y a través del Software. Una vez desarrollado el modelo, se realizó la construcción con sus debidas especificaciones, que fueron encontradas durante los análisis de diseño estático. También, el marco construido fue sometido a una prueba práctica, para validar la información obtenida en la simulación, el método práctico que se utilizó es, mediante la utilización de galgas extensiométricas y los resultados obtenidos fueron satisfactorios.

### Palabras clave:

Prototipo, dimensionamiento de estructura, deformaciones, simulación, factores de seguridad, diseño estático, galgas extensiométricas.

### ABSTRACT

In this project a proposal for the design of an urban type bicycle frame was developed, with the purpose of proposing as a prototype for the implementation as a means of transport in the UTN (Universidad Técnica del Norte). An adequate design was established for the bicycle frame, on the other hand a survey was also developed to establish needs of the future users, as well as current studies that facilitated the establishment of the different parameters, such as formulas and considerations through which it was possible to obtain the sizing of the structure. For the elaboration of the mathematical models and obtaining results, the Computational Software was used, where it was possible to find the deformations for the pipes and couplings of the rear wheel. After having obtained the different values of the simulation, the safety factors were also calculated through the application of formulas and through the Software. Once the model was developed, the construction was carried out with its proper specifications, which were found during the static design analyzes. Also, the built frame was subjected to a practical test, to validate the information obtained in the simulation, the practical method that was used is, through the use of strain gauges and the results obtained were satisfactory.

### Keywords:

Prototype, structure dimensioning, deformations, simulation, safety factors, static design, strain gauges.

## I INTRODUCCIÓN

La bicicleta, desde hace mucho tiempo atrás ha sido un medio de transporte limpio, por los años 1800 - 1900 tuvieron un gran auge, donde todo mundo quería tener este medio de transporte.

Posteriormente, con la revolución industrial el desarrollo automovilístico, entre otros factores, estos vehículos pasaron al costado de las investigaciones, sobre todo de las grandes empresas que buscan sustentabilidad económica, esto es un error que en la actualidad al planeta le ha costado mucho, sobre todo porque se ha dañado gravemente el ecosistema en el que habitamos.

Con bases a datos reales del extremo cambio climático, muchas organizaciones ha obligado a la mayoría de los países a generar investigación en donde se trate de utilizar fuentes de energía renovable, así como medios de transporte que no utilicen combustible fósil para su funcionamiento, razón por lo cual muchas empresas se han visto obligadas a realizar un cambio de matriz de producción, donde retoman un viejo invento, denominado bicicleta y lo han renovado, buscándole nuevas formas de poder transmitir los movimientos hacia las ruedas, ya que existen estudios donde el viejo sistema de cadenas y engranes para la transición de bicicletas ha quedado atrás, pues se está utilizando mecanismo por medio de propulsión eléctrica, mecanismo que utilizan

cables y regeneración mecánica donde se utilizan principios físicos avanzados, de tal forma que el ser humano no tenga que realizar mucho esfuerzo para darle transmisión y movilidad a estos vehículos.

Cabe mencionar, que en la actualidad muchos países sobre todo de los continentes asiáticos y europeos ya cuentan con una infinidad de bicicletas que son eléctricas, sustentables y modelos espectaculares, así como también han inculcado una cultura del uso masivo de estos medios de transporte, pues parece ser que sería una de las soluciones más cercanas al cambio climático que se está viviendo.

Es así que el presente estudio estará enfocado en desarrollo de un cuadro para una bicicleta urbana que sea ergonómica segura y de bajo costo, en la cual se analizara las distintas deformaciones y puntos críticos de la estructura que luego será analizada para una futura implementación como un medio de transporte para los estudiantes y docentes de la Universidad Técnica del Norte. Ya que en la actualidad el medio de transporte que se utiliza son los vehículos particulares y públicos que en ocasiones llenan los parqueaderos de la universidad.

## 2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La bicicleta ha tenido una gran evolución desde el año 1817 Karl Drais elaboró una de las primeras bicicletas la cual estaba conforma

en su totalidad de madera, tanto el cuadro como las ruedas y que denominó "máquina andante". Además el conductor debía impulsarla con ayuda de los pies tal como se puede observar en la figura 2.1. (Duclo, 2017, p.3).



**Figura 0.1.** La primera bicicleta Máquinas Andante

Posteriormente al primer invento por los años de 1840 a 1860 se desarrollaron muchos cambios en donde se incluyeron los primeros pedales diseñados por inventores franceses, los cuales generaban tracción en las ruedas delanteras, es así que se llegó al diseño de la bicicleta común o también denominada velocípedo en 1871 que estaba equipada con una rueda extremadamente grande en la parte delante y una rueda pequeña en la parte posterior. Además, el asiento estaba ubicado por encima de la rueda delantera, y tenía mayor velocidad gracias al tamaño de su rueda delantera. Sin embargo, presentaba un alto riesgo al bajarse tal como se puede ver la figura 2.2, el conductor prácticamente debía saltar, además que era muy difícil subirse y no

se lograba avanzar en pendientes poco pronunciadas. (Duclo, 2017, p.4).



**Figura 0.2.** Bicicleta común

En el año de 1885 John Starley creó la bicicleta de seguridad la cual tenía todas las características de las bicicletas actuales, porque estaba conformada de dos ruedas de la misma dimensión provistas de tiras de metal que centraban un aro del mismo material además las envolvían un caucho con una cámara de aire, tenía un sistema de engranajes que eran accionados por cadenas y que estaban acopladas a los pedales los cuales eran movidos por los conductores a través de sus pies, presentaba la características de ser más seguras que las anteriores y presentaban una facilidad para subir colinas. (Duclo, 2017, p.5).

Después de este gran avance las bicicletas entraron en su época dorada ya que existían un gran número de fabricantes de estos equipos, así como también más de diez millones de habitantes poseían una bicicleta por lo menos, hasta el año de 1900 cuando se empezaron a fabricar vehículos a bajo costo dando así paso a la evolución automotriz y dejando de lado la industria de la bicicleta. (Duclo, 2017, p 5).

En la actualidad, el cambio climático y la crisis del petróleo ha dado paso a que se retome la industria de la bicicleta donde se ha diseñado varios modelos especialmente para competencias, así como también se han desarrollado nuevos materiales que mejoran las características de movilidad, convirtiendo a las bicicletas en vehículos fuertes, rápidas, y livianas. Además, se ha visto la forma de proveerle de tracción motorizada tal como se muestra en la figura 2.3. (Duclo, 2017, p.5), que posee un motor eléctrico que y baterías que se carga por medio de un tomacorriente.



Figura 0.3. Bicicleta de tracción eléctrica.

## 2.2 PARTES DE UNA BICICLETA

Una bicicleta está conformada de una serie de elementos que se muestran en la figura 2.4



Figura 0.4. Partes de la bicicleta

Sin embargo, si se considera los sistemas que la conforman desde un punto de vista

funcional cuenta con los siguientes elementos y sistemas principales que son: cuadro, sistema de propulsión, dirección, cambios, sistema de frenado, conjunto de ergonomía y comodidad conformado por la tija y el asiento.

### 2.2.1 CUADRO

Conforma la parte principal de la bicicleta, ya que es la columna vertebral donde se acoplan los distintos dispositivos, su diseño puede variar dependiendo la utilidad y pueden ser de carretera, montanera o híbridas (R. Losada, 2007), en la figura 2.5 se puede observar las partes que la conforman.

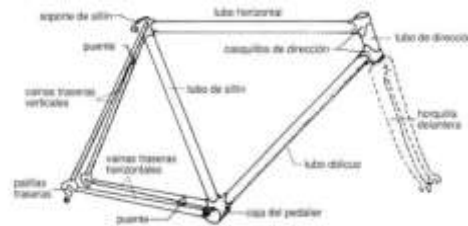


Figura 0.5. Partes del cuadro de la bicicleta

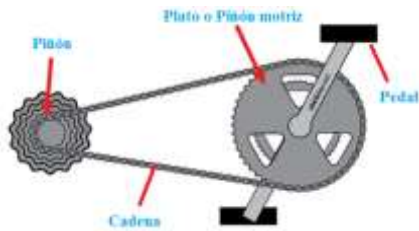
Para el diseño de un cuadro de bicicleta se debe considerar las características que se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 0.1. Factores de diseño

### 2.2.2 SISTEMA DE PROPULSIÓN

El sistema de propulsión está conformado de una serie de elementos, pero los componentes principales son: pedales, piñones y cadena, los cuales multiplican la fuerza y potencia generada por la tracción

humana hacia las ruedas de la bicicleta. Ver figura 2.6



**Figura 0.6.** Sistema de propulsión de las bicicletas.

### 2.2.3.SISTEMA DE DIRECCIÓN

Es un conjunto de elementos, que permiten girar la rueda de la parte delante de la bicicleta, también cumple otras funciones como intervenir en la estabilidad y amortiguamiento, según (Casiopea, 2017, p.1), aproximadamente un 10% de todo los golpes atraviesa la dirección y es absorbida por la misma. Los elementos que la conforman son:

#### 2.2.4.Horquilla

Elemento que está ubicada en la parte delantera de la bicicleta donde va alojada la

rueda delantera, dependiendo el diseño en este elemento se alojan componentes como dispositivos de accionamiento de los frenos delanteros en la figura 2.7 se muestra una imagen de cómo está estructurada y sus partes.



**Figura 0.7.** Horquilla

(Casiopea, 2017, p.1)

#### 2.2.2.1 Manilla o volante

Elemento que está en contacto directo con el conductor porque a través de él puede maniobrar con facilidad la bicicleta, así como también en este componente se acoplan distintos accesorios como los accionamientos de los frenos y cambios.

#### 2.2.2.2 Potencia

Parte del sistema de dirección por el cual se puede acoplar la manilla y la horquilla, dependiendo su forma de acoplamiento está dividido en roscada que tiene forma de L y que se ubica en la parte interna del tubo de dirección que es parte del cuadro, también existen las que no tiene roscado, pero son acopladas a través de abrazaderas. Ver figura 2.8

Aspectos a considerar en el cuadro de una bicicleta y funciones /cualidades que se determina	
Teniendo en cuenta	Se determinan las siguientes Funciones/ Cualidades
La elección de los tubos	La estabilidad, el peso y las propiedades de marcha
La elaboración	La seguridad, la estética y calidad final
La geometría	Las características técnicas y el uso al que está destinado
El diseño	Las cualidades funcionales
El tamaño	El tallaje o adecuación al cuerpo humano



**Figura 0.8.** Potencias con Rosca y abrazaderas

La metodología para la elaboración de este proyecto de graduación, consistirá en una revisión sistemática de distintas fuentes, mediante las cuales se establecen conocimientos con los que se identificará los puntos importantes para la exploración.

### **3 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

En este proyecto se va a utilizar diferentes tipos de investigación las cuales son: bibliográfica, tecnológica, exploratoria, transversal y cuantitativa, que a través de estas se puede llegar a una solución de forma cualitativa y cuantitativa, donde exista la realización de consideraciones lógicas.

#### **3.2.1 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Este tipo de investigación se desarrolló mediante la búsqueda y lectura de algunas fuentes bibliográficas como: libros, revistas, páginas web, normas, informes, catálogos y videos, a través de los que se realizó el seleccionamiento de algunas variables indispensables para el diseño del marco de la bicicleta, así como también, se estableció las

fórmulas idóneas para desarrollar el análisis estructural.

#### **3.2.2 INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA**

Se elaboró por medio de la utilización de equipos de ensayos e instrumentos de medición: como, por ejemplo: máquina de lectura de galgas extensiométricas, equipo hidráulico para la aplicación de fuerza controlada, galgas, sensor de carga, calibrador pie de rey, entre otros.

Además, para todo el estudio se utilizará programas de diseño mecánico y de simulación, sobre todo aquellos que tenga una amplia biblioteca en materiales y herramientas de modelado, eso con el fin de cubrir todas las necesidades requeridas para el desarrollo adecuado de este estudio.

#### **3.2.3 INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA**

Mediante este tipo de investigación se logró tener un acercamiento claro acerca del tema que se estaba abordando, se lo realizó por medio de la utilización de bibliografía útil, sobre todo con información relacionada con el diseño mecánico.

### **3.2.4 INVESTIGACIÓN TRANSVERSAL**

Este tipo de investigación utiliza métodos estadísticos y demográficos, por medio de los que se llega a determinar los distintos parámetros que se va a utilizar para dar solución al problema.

En este proyecto se aplicó este tipo de investigación cuando se realizó las encuestas en la universidad, a través de las cuales se pudo tomar decisiones importantes que fueron basadas en las necesidades de la población que se investigó, en este caso las personas que estudian o trabajan en la UTN.

### **3.2.5 INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA**

Para el desarrollo de esta investigación se tuvo que establecer cantidades numéricas a las alternativas de decisiones en las encuestas, pues era necesario su tabulación para desarrollar los métodos de selección de alternativas para poder definir los parámetros para la evaluación de la casa de la calidad.

## **3.3 TIPOS DE MÉTODOS**

### **3.3.1 MÉTODO ANALÍTICO – SINTÉTICO**

Este método ha sido de mucha ayuda, pues permite analizar y descomponer el problema en sus segmentos, facilitando la determinación de los sub problemas, los cuales sirvieron como ejes para la

estructuración de los objetivos y cumplimiento de los mismos.

### **3.3.2 MÉTODO INDUCTIVO – DEDUCTIVO**

Porque se empezó por un problema planteado, que será comprobado a lo largo del desarrollo de proyecto, además, de esta forma se analizarán los resultados de la construcción y pruebas en el marco de bicicleta, así como también, los valores obtenidos en la simulación y los cálculos teóricos.

## **3.4 TÉCNICAS**

Las técnicas que se utilizarán para la elaboración y desarrollo de este proyecto son: Investigación bibliográfica, observaciones, elaboración de encuestas, comparación de resultados obtenidos por simulación como por medio de cálculos, aproximaciones y experimentación.

## **3.5 INSTRUMENTOS**

Los instrumentos utilizados como base para el desarrollo fueron: Programas de diseño, revistas, libros, normas ISO, equipos de construcción mecánica, herramientas de medición longitudinal, computadoras y equipos de laboratorio como sensores, cables y máquinas.

Para iniciar con la aplicación de la metodología, en este proyecto, se analizará los tipos de marcos de bicicletas urbanas que

podrían ser útiles para la implementación en la universidad, los mismo que se mencionan a continuación.

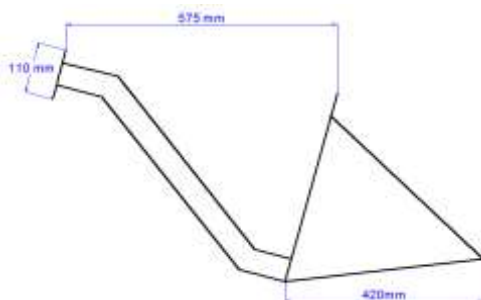
## 4 DESARROLLO DE LA PROPUESTA, DISEÑO Y SIMULACIÓN

En este capítulo, se desarrollará la geometría para este nuevo modelo de bicicleta, a plantear como prototipo. Así como también, se mostrará los distintos datos obtenidos mediante la aplicación de fórmulas y datos obtenidos mediante resultados de la simulación.

### 4.2 DISEÑO DEL CUADRO DE LA BICICLETA URBANA

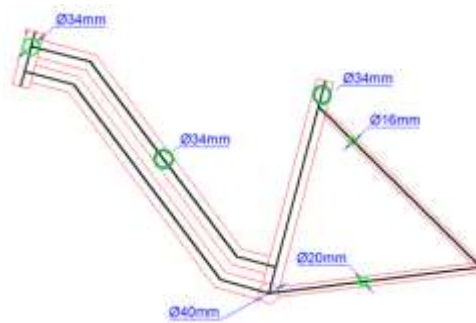
#### 4.2.1 GEOMETRÍA DEL CUADRO

Considerando las dimensiones generales establecidas en el numeral 2.5 y la forma tetraédrica que comúnmente presentan la mayoría de las bicicletas urbanas en la figura 4.1, se puede observar cómo sería la forma geométrica del cuadro de este proyecto.



**Figura 4.1.** Geometría del marco de bicicleta

La tubería que se utilizará para el diseño del cuadro es de perfil circular y las dimensiones se muestran en la figura 4.2, que fueron establecidas de acuerdo a catálogos según (CONDESA, 2006) que muestran dimensiones normalizadas para tuberías de cuadros de bicicletas.



**Figura 4.2.** Geometría del marco de bicicleta y dimensiones de tubería a utilizar.

Los ángulos de inclinación para los tubos de dirección y del sillín, tal como se pueden apreciar en la figura 4.3, ángulos (2) y (1) respectivamente, van establecidos dentro del rango de (72 y 75 grados), que normalmente son los adecuado para todo tipo de bicicleta, ya que la variación de este puede influir en la distribución del peso del conductor como la posición sobre el eje de pedaleo (Mtbpro, 2017, p.2).





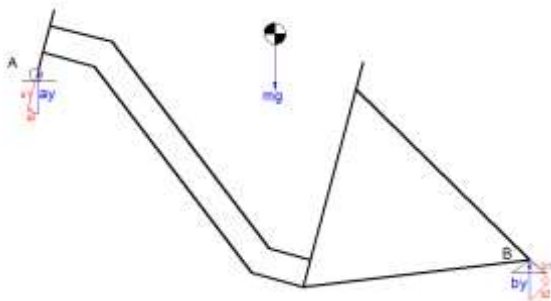
**Figura 4.3.** Ángulos principales en una bicicleta.

(Mtbpro, 2017, p.2)

## 4.2.2 PUNTOS DE APOYO Y FUERZAS APLICADAS

### 4.2.2.1 Reacciones en estado de reposo de la bicicleta

Las reacciones que actúan y los puntos de apoyo cuando se tiene carga en condiciones estáticas. Ver figura 4.4



**Figura 4.4.** Diagrama de cuerpo libre para el estado estático

Desarrollando el diagrama de cuerpo libre de la figura anterior se tiene la siguiente sumatoria de fuerzas en el eje (y).

$$\sum F_y = 0 \quad [4.1]$$

$$mg = a_y + b_y \rightarrow (a_y = b_y)$$

Desarrollando el planteamiento anterior se encuentra la siguiente expresión.

$$a_y = b_y = \frac{1}{2} mg \quad [4.2]$$

A continuación, en la figura 4.5, se muestra las coordenadas de los puntos de apoyo A y B.



**Figura 4.5.** Puntos de apoyo en estado estático, sobre el cuadro

De la figura 4.5, se obtiene las siguientes expresiones.

$$a_1 = \frac{1}{2} mg * \cos(15) , \quad a_2 = \frac{1}{2} mg * \sin(15) \quad [4.3]$$

$$b_1 = \frac{1}{2} mg * \cos(45) , \quad b_2 = \frac{1}{2} mg * \sin(45) \quad [4.4]$$

De acuerdo con la tabla que se encuentra en el anexo B que fue obtenida de (Licata, 2017), se toma el peso máximo de una persona que supera los 2 metros de estatura que es de 108,16 kg, este valor se considera con la finalidad de obtener resultados dentro del rango crítico. A continuación, se muestran los resultados de las reacciones que actúan en la figura 4.4.

$$\begin{aligned} \text{Peso} &= mg = 108,16 \text{ Kg} \\ &* 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad [4.5] \\ &= 1061,05 \text{ (N)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_y = b_y &= \frac{1}{2} * 1061,05 \text{ (N)} \quad [4.6] \\ &= 530,525 \text{ (N)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_1 &= 530,525 \text{ (N)} * \cos(15) \quad [4.7] \\ &= 512,45 \text{ (N)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_2 &= 530,525 \text{ (N)} * \sen(15) \quad [4.8] \\ &= 137,31 \text{ (N)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 &= 530,525 \text{ (N)} * \cos(45) \quad [4.9] \\ &= 375,14 \text{ (N)} \end{aligned}$$

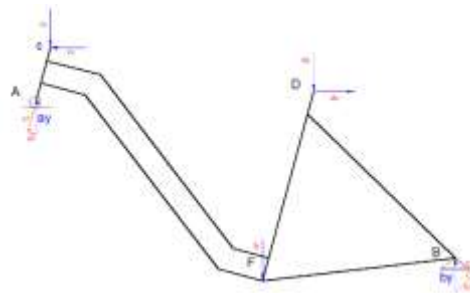
$$\begin{aligned} b_2 &= 530,525 \text{ (N)} * \sen(45) \quad [4.10] \\ &= 375,14 \text{ (N)} \end{aligned}$$

#### 4.2.2.2 Reacciones en movimiento de la bicicleta

Según Covill, Allard, Drouet, y Emerson, (2016), las reacciones que comúnmente actúan cuando una bicicleta está en circulación se distribuyen de distinta forma tal como se observa en la figura 4.6, donde se puede ver que las fuerzas actúan en las zonas de apoyo, puntos donde está en contacto el conductor con la bicicleta como es el caso del sillín, el volante y los pedales de tracción, así como también en los ejes donde va asentada la bicicleta sobre los aros de las ruedas.

En la siguiente figura 4.6, se muestran los cinco puntos donde actuarían las reacciones sobre el marco de bicicleta, cuando esta se encuentra en operación. A y B corresponde a

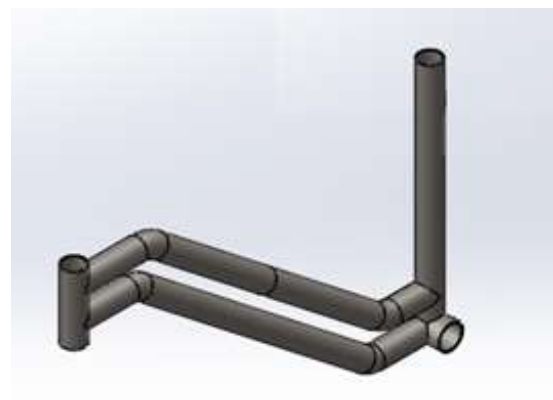
los puntos donde se ejercería las reacciones por medio de los ejes de cada rueda donde se asienta la bicicleta, C es el punto en el cual el conductor genera la reacción con las manos, F sitio donde se realiza una tracción con los pies y D corresponde a lugar donde se aplica la mayor cantidad de fuerza ya que el conductor asienta ahí casi todo su peso.



**Figura 4.6.** Puntos de apoyo en estado estático, sobre el cuadro

#### 4.2.2.3 Modelado del cuadro

Para obtener el modelo del cuadro a diseñar, se empleó el paquete computacional Solidworks, para lo cual se estableció la geometría y el material del marco de bicicleta. En la figura 4.7, se puede ver el modelado de los tubos primarios.



**Figura 4.7.** Tubos primarios

En base a las medidas normalizadas de repuestos existentes en el mercado, se desarrolló dos modelos completos, donde se varió los ángulos del tubo central con valores de  $73^\circ$  y  $85^\circ$ . Donde el primero se encuentra dentro del rango normalizado para las bicicletas urbanas (atomika.mx, 2017, p.1) y el segundo fue considerado para verificar su comportamiento.

Cabe mencionar que esto se hizo con la finalidad de comprobar cuál de las dos estructuras sería la ideal, en la figura 4.8 se puede observar el marco de  $73^\circ$  de inclinación.



**Figura 4.8.** Estructuras de  $73^\circ$

Mientras que en la figura 4.9, se tiene el marco de  $85^\circ$  de inclinación.



**Figura 4.9.** Estructuras de  $85^\circ$

los dos cuadros que se muestran anteriormente, van a ser sometidos a la simulación en el software Ansys Educativo.

## 4.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Los resultados que se obtengan del análisis estructural, ayudarán a determinar de forma acertada, cuantitativa, el tipo de estructura y material, que se podría seleccionar para la construcción del marco, la misma que servirá como propuesta para la implementación de la bicicleta urbana en la UTN.

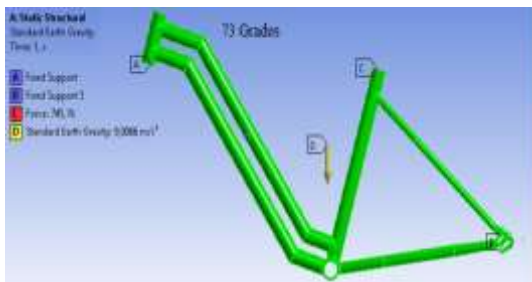
Para la obtención de los resultados, mediante el análisis correspondiente, se efectuará una simulación en el software computacional, así como se realizará los cálculos mediante la utilización de las fórmulas las cuales son utilizadas en el diseño de mecanismos. Es así que, para encontrar los valores para los diseños en el numeral 3.7, se había mencionado que se analizaría dos tipos de marcos de bicicleta, los mismos que varían en el ángulo de inclinación del tubo central del sillín y dos tipos de materiales que son los más utilizados en la construcción de bicicletas en el país, como lo son: el acero y el aluminio.

A continuación, se detalla el proceso llevado a cabo para la obtención de valores.

Una vez que se ha desarrollado el modelo de los dos marcos, a través del programa Solidworks, se coloca en el software de simulación las condiciones de borde y reacciones. Los pasos para desarrollar la simulación, se mencionan en la metodología, en el numeral 3.9.2.

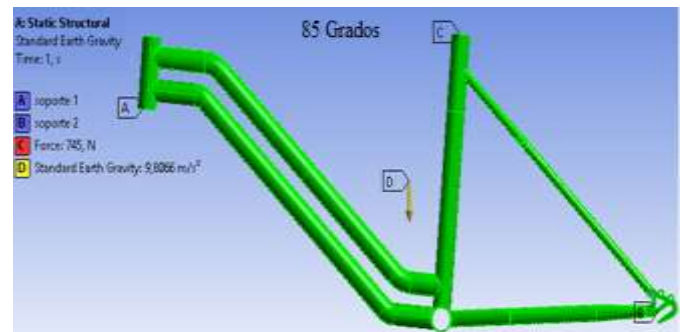
La aplicación de reacciones y soportes para este caso se muestra en figura 4.4 en los puntos de apoyo que se ubican en las letras A y B, que corresponden a la ubicación fija del eje de la horquilla y los soportes para la rueda posterior. Además, las reacciones que actúan sobre el marco, corresponden al peso de la estructura y una fuerza del 70% del peso total del conductor, valor que se considera en este proyecto, tomando en cuenta que la persona se encuentra sentado sobre el sillín de la bicicleta y utiliza los pies para estabilizarse, con los que genera una reacción de un 30% de su peso. (Covill et al., 2016, p.1).

En el numeral 4.1.2.1, se estableció el peso del conductor de 108,16 Kg que correspondía a una persona alta, con gran masa muscular, de acuerdo con esto el 70% en fuerza que genera el ocupante de la bicicleta sería de 745N, cuyo valor, es el que se le agrega a la simulación y que corresponde a un aproximado de 76 kg, peso de una persona de características normales dentro del país. En la figura 4.9, se puede observar cómo están ubicados las condiciones de borde, en el marco de la estructura de la bicicleta de 73°.



**Figura 4.10.** Diagrama de fuerzas (estructura de 73°).

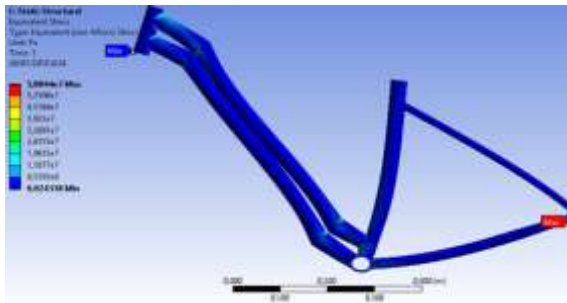
Además, en la figura 4.11 se ubican las reacciones las reacciones en los puntos fijos, gravedad actuante y peso del conductor. En la estructura que tiene la inclinación de 85°.



**Figura 4.11.** Diagrama de fuerzas (estructura de 85°).

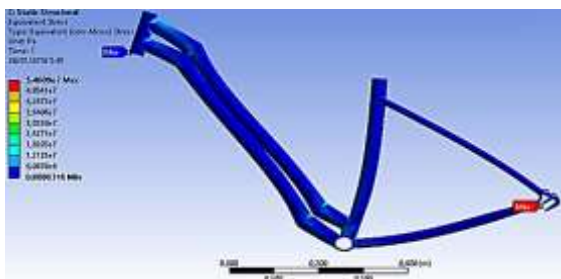
Posteriormente se calcula el esfuerzo máximo de Von Mises, parámetro que es muy necesario para poder desarrollar la mayor parte de cálculos, de tal forma, que se pueda encontrar el factor de seguridad, valor que es indispensable, pues es un indicador que muestra si una estructura va a soportar las reacciones actuantes sobre la misma, este valor debe ser superior a la unidad, tanto en el diseño estático como a fatiga para que sea aceptable, caso contrario, indicaría que no es seguro el diseño (Gere, Goodno, & Cárdenas, 2009).

En la figura 4.12, se puede ver los valores obtenidos del esfuerzo de Von Mises para la estructura de 73°.



**Figura 4.12.** Esfuerzo de Von Mises, para el marco de 73° con acero

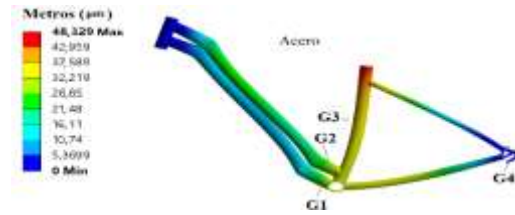
En la figura 4.13, se puede observar los valores obtenidos del esfuerzo de Von Mises para el marco de bicicleta que tienen un ángulo de 73°, para el aluminio. Así como también se puede observar entre las dos figuras que los datos del esfuerzo son un poco diferentes.



**Figura 4.13.** Esfuerzo de Von Mises, para el marco de 73° con aluminio.

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados que se obtuvieron, mediante la aplicación del método práctico de pruebas por medio de la utilización de galgas extensiométricas, donde se tomó valores de deformaciones, facilitó la validación realizada en la simulación, tal como se puede apreciar en la figura 5.24.



**Figura 4.14.** Sitios de ubicación de las galgas y resultados de la simulación.

Por medio de la figura anterior y los datos obtenidos mediante el ensayo con las galgas extensiométricas se realiza la siguiente tabla comparativa.

**Tabla 4.1.** Tabla comparativa de los resultados obtenidos de las deformaciones.

<b>Primera toma de los datos de la práctica</b>				
<b>Carga</b>	<b>G1 (μm)</b>	<b>G2(μm)</b>	<b>G3(μm)</b>	<b>G4(μm)</b>
<b>N</b>				
490,5	20	-116	-209	3
686,7	26	-160	-296	4
981	39	-238	-423	13
1471,5	55	-350	-584	22
<b>Segunda toma de los datos de práctica</b>				
<b>Carga</b>	<b>G1 (μm)</b>	<b>G2(μm)</b>	<b>G3(μm)</b>	<b>G4(μm)</b>
<b>N</b>				
490,5	26	-124	-211	15
686,7	32	-170	-297	19
981	50	-247	-430	25
1471,5	76	-369	-638	37
<b>Datos de la simulación, de la estructura de acero a 73°</b>				
<b>Carga</b>	<b>G1 (μm)</b>	<b>G2(μm)</b>	<b>G3(μm)</b>	<b>G4(μm)</b>
<b>N</b>				
745	32,2	26,85	42,95	5,3

## 6. CONCLUSIONES

- Por medio de una investigación bibliográfica, un estudio de la aplicación de una encuesta a los estudiantes y docentes de la universidad, se logró establecer el diseño del marco de la bicicleta tipo urbana, la cual está ajustada a las necesidades establecidas por los futuros usuarios. Este diseño servirá como prototipo para la implementación en la UTN (Universidad Técnica del Norte), como medio de transporte ecológico.
- El diseño del marco de la bicicleta urbana, presenta características como: ángulo de inclinación del tubo central, con respecto al eje x, de 73°, ángulo seleccionado por medio de un estudio realizado mediante la deformación del material desarrollado a través de la simulación y un estudio práctico con galgas extensiométricas. Así como también, basado en las normativa INEN, y demás porque supera las propiedades de diseño mínimo. Cabe mencionar que el material que constituye la estructura es acero estructural y su forma para la distribución de cargas es tetraédrica, las dimensiones del marco se encuentran en el plano DG-100
- Después de haber realizado la construcción del marco de la bicicleta se puede establecer los elementos principales con los que se podría armar por completo la bicicleta que son: La utilización de aros con Rin número 26, sistema de transmisión por medio de cadenas, piñones, frenos de seguridad y una horquilla normalizada, que permita realizar el acople adecuado del volante.
- Los resultados obtenidos en los distintos análisis como es el caso de la simulación computacional donde se obtuvo las deformaciones para una aplicación de 745 (N) de carga fueron posibles validar mediante el desarrollo de pruebas con galgas extensiométricas y con equipos del laboratorio de materiales de la Escuela Politécnica del Ejercito, donde se obtuvo resultados como: los niveles de deformación máximos y mínimos generados en la simulación, estuvieron ubicados en los mismos sitios del marco de bicicleta donde se instaló las galgas, es decir que los valores registrados con las galgas en los puntos G1, G2, G3 y G4 presentan características similares que los valores de la simulación.
- Los distintos análisis desarrollados en el marco de la bicicleta, permitieron tener una idea clara del comportamiento estructural que tendría, cuando se le aplique cargas sobre el marco, ya que se puede

identificar los puntos donde podrían ir instaladas las galgas, así como también facilito ver si el marco diseñado soportaría cargas fluctuantes.

- Los valores obtenidos del factor de seguridad, mediante la simulación y la aplicación de esfuerzos son superiores a la unidad con lo que se puede demostrar que el material soportaría sin ningún inconveniente las cargas establecidas en el diseño e incluso superiores, siempre y cuando, estas no superen los límites mínimos del diseño.

#### REFERENCIAS

1. Alacermas.com. (2016). Aleaciones de aluminio 6061. Recuperado a partir de [http://www.alacermas.com/img/galeria/files/aluminio/chapa\\_6061\\_aluminio\(1\).pdf](http://www.alacermas.com/img/galeria/files/aluminio/chapa_6061_aluminio(1).pdf)
2. atomika.mx. (2017). Bicicleta urbana Cannondale Quick 6 2017 - Bicicletas Cannondale de Marcas | Atomika. Recuperado a partir de <https://www.atomika.mx/marcas/bicicletas-cannondale/bicicletas-urbanas-cannondale/bicicleta-urbana-cannondale-quick-6-2017/>
3. Bergmeester, B. (2016). Lopifit: la bicicleta eléctrica para caminar. Recuperado 19 de junio de 2017, a partir de <http://ecoinventos.com/lopifit-la-bicicleta-electrica-para-caminar/>
4. biciletasenrique. (2016). Bicicletas Enrique - Fábrica de Bicicletas en Córdoba Argentina - Bicicletas Enrique - Fábrica de Bicicletas en Córdoba. Recuperado 19 de junio de 2017, a partir de <http://www.biciletasenrique.com/es>
5. bicicletasplegables.info. (2018). Bicicletas Plegables | Compra Con la Mayor Información Aquí! Recuperado 27 de junio de 2017, a partir de <http://www.bicicletasplegables.info/>
6. Blogsdna. (2011). Tipos de frenos de bici | Multiformato. Recuperado 16 de junio de 2017, a partir de <http://www.multiformato.com/2011/05/tipos-de-frenos-de-bici/>
7. Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2008). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley (octava, Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
8. Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2012). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9a. ed.). Recuperado a partir de <https://books.google.com.ec/books?id=knWJDAAAQBAJ>
9. Casiopea. (2017). Sistema Direccion-Estrutural - Casiopea. Recuperado 16 de junio de 2017, a partir de [http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Sistema\\_Direccion-Estrutural](http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Sistema_Direccion-Estrutural)
11. CONDESA. (2006). Tubo Estructural.