



# PROYECTOS DE INVESTIGACION SENNOVA

Instructores investigadores CIMI 

**SENNOVA**  
Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

**ISBN:978-958-15-0392-6**

Catalogación en la publicación. SENA Sistema de Bibliotecas

Memorias proyectos de investigación SENNOVA / Saul Ernesto García Serrano [y otros 5]. --  
Floridablanca, Santander : Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Centro Industrial de  
Mantenimiento Integral, [2018].

94 páginas.

Referencias bibliográficas al final de cada artículo.

Contenido parcial: Cuando la ética se torna práctica -- La magia de escribir -- Diseño de Sistema  
para usar la energía cinética de los ríos en la producción de electricidad en zonas no  
interconectadas -- Suspensión Fórmula SENA Eco -- Diseño de un acelerador eólico para  
generación de energía eléctrica por medio de turbinas para zonas de media y baja velocidad de  
aire.

ISBN: 978-958-15-0392-6.

1. Investigación y desarrollo 2. Investigación aplicada 3. Desarrollo científico y tecnológico I.  
García Serrano, Saúl Ernesto II. Silva Rodríguez, Ramón III. Borbón Ardila, Nuvia Inés IV. Amariles  
Mejía, Genaro Humberto V. Chacón Pinzón, Enrique VI. Torres Clavijo, Orlando.

CDD: 658.57

## **SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE**

**- SENA -**

### **MEMORIAS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN SENNOVA**

### **CENTRO INDUSTRIAL DE MANTENIMIENTO INTEGRAL**

#### **Autores**

Saúl Ernesto García Serrano

RamónSilva Rodríguez

Nuvia Inés Borbón Ardila

Genaro Humberto Amariles Mejía

Enrique Chacón Pinzón

Orlando Torres Clavijo



2018

# **CIENCIA Y HUMANISMO**

# CUANDO LA ÉTICA SE TORNA PRÁCTICA

## Una narrativa e investigación de Aula centrada en el cambio del *Ethos*

Saúl Ernesto García Serrano  
Ramón Silva Rodríguez

### Resumen

La experiencia que se describe se centra en un proyecto de aula teórico-práctico desde la competencia de política institucional del SENA centrada en la formación Ética.

El investigador propone el ideal de vida buena basada en la virtud, y la investigación a socializar es el resultado de una experiencia educativa con jóvenes estudiantes del SENA y Universidades, en donde se puede constatar que es posible cambiar el *ethos*.

El estudio está sustentado en una afirmación de Heráclito: “el carácter de un hombre es su destino”.

**Palabras clave:** ética práctica, *ethos*, humanismo, virtudes.

### Introducción

Este artículo es el reflejo de una práctica novedosa de aula que viene realizando el docente desde el curso de ética que imparte desde hace 25 años, con el fin de aportar al discurso filosófico, un efecto práctico, pues la ética es para pensar y para vivir.

Educar en lo superior (Borrero, 1995) desde los ambientes de aprendizaje (aulas) es una labor que busca en últimas tocar el *ethos* del estudiante, es decir su forma de vivir, costumbres habituales, estilo humano de habitar, carácter.

Si el tiempo de la educación contribuye a formar el *ethos*; la propuesta de la vida virtuosa desde el aula es una alternativa para mejorar en la existencia de muchos jóvenes estudiantes y con ello beneficiar el destino de una persona, sus relaciones familiares, ciudadanas y el desarrollo de la nación.

La presente práctica entonces busca responder a la pregunta: ¿Puede un proceso educativo de aula basado en la práctica de la virtud, contribuir a formar el carácter (*ethos*) de los estudiantes y con ello favorecer el cuidado de la vida cotidiana?

El marco teórico o soporte que fundamenta esta experiencia, está basada en siete referentes:

- *El primero es repensar el aula desde una visión personalista y ética.* En el salón de clase se da una relación de personas (García, 2005) para un aprendizaje y un cambio de paradigma; relación que en últimas es revelación progresiva del *ethos* del maestro para suscitar en el *ethos* del discípulo el arrebató hacia lo bueno, lo bello y lo verdadero. Cuando el discípulo no llega al arrebató de lo superior, entonces en el aula se corre el peligro de cultivar monstruos educadísimos (Reina, 1995).

El aula es entonces un lugar especial para el cultivo de la naturaleza humana (corpus-animamente), para reengendrar algo nuevo en el desarrollo de sus facultades, habilidades, competencias.

- *El segundo referente es el vocablo ética comprendido desde una frase atribuida a Heráclito: “ethos antropo daimon-el carácter de un hombre es su destino”.* La palabra carácter se relaciona con la voz griega *ethos*, comprendido como “modo de comportarse, costumbre” (Sgreccia, 1999:65) (Mora, 1984), hábito (Melina, 1999:39), el “conjunto de disposiciones espirituales y emotivas de un hombre” “una realidad interior y personal” (Ancille, 1997:654). Por esta línea, el vocablo ha significado *casa* relacionada como la morada habitual permanente de la persona en cuanto “manera habitual de obrar” (De Finance, 1989:7; Vico, 1993:14); “morada del ser o estilo humano de habitar” (Heidegger, 1975:123-125); modo de vivir (Gallego, 1999:17); “carácter o disposición, o manera de ser” (MEN, 1998:25).

El carácter (*ethos*) el estilo de vida, “se adquiere con los hábitos los cuales son el resultado de la repetición de los actos” (Peláez, 1995:3).

- *El tercer referente teórico es la relación que debe tener la ética con la vida (teoría y praxis).* Para los griegos, el *ethos*, la vida ética era un proyecto político: preocupación por el cuidado de sí, por habituarse a vivir la virtud para vivir en la *polis* y así cuidar la ciudad (Ministerio de Educación Nacional, 1998:26).

La teoría del acto humano (García, 2008) cobra aquí gran valor con el estilo humano de habitar, porque la vida privada es vida pública, y si el *ethos* no toca la vida, las decisiones de un grupo humano sucede que seguiremos viendo que: “*la política sin ética genera corrupción y opresión, que la economía sin ética genera injusticia y desarrollo para unas minorías privilegiadas, que la investigación sin ética genera graves amenazas frente a la dignidad de la persona*” (Peláez, 1995:1-2).

- *El cuarto referente es el ideal de la vida virtuosa como un camino para moldear el ethos (carácter) de la persona.* La virtud es una herencia del mundo greco-romano y del humanismo cristiano. Los griegos cuando se referían a la virtud, lo hacían por medio de la palabra *areté*, que al latín paso con la palabra *virtus* que designa la fuerza el carácter, la fuerza de un hombre maduro, que tiene valía, fuerza moral (*vir*: hombre, *vis*: fuerza). El *areté* era el “*calificativo de las personas cultivadas rectamente*” (Compagnoni, 1992:1866); y las dos palabras significan en el fondo: “*la excelencia del hombre que obra el bien*” (Rhonheimer, 2000:199), que ha ido perfeccionando las facultades operativas de la actividad humana: la inteligencia, la voluntad, el apetito sensible.

Otros dirán que la virtud es una “*una disposición habitual para hacer el bien*” (Catecismo de la Iglesia, n.1803); o el “*hábito del buen elegir*” el bien (Rhonheimer, 2000:221).

La palabra virtud, ha ido tomando en la educación fuerza por el retorno de la educación de las virtudes en el ámbito del hogar, y el retorno de las virtudes civiles para el manejo de la cosa ‘publica’ (Isaacs, 1996).

El ideal de vida virtuosa (Chalmeta, 1996) por tanto se propone en esta experiencia desde el aula para que el estudiante elija una virtud y se proponga a vivirla en un tiempo con unos fines.

Hoy podemos decir que una persona es virtuosa cuando obra de forma excelente. La excelencia es vivida solo por los virtuosos. El hombre virtuoso cumple con sus deberes, y era para los griegos la *polis* sería mejor en la medida que los ciudadanos fueran virtuosos.

Las virtudes propuestas en esta experiencia son las llamadas cardinales o naturales que cualquier persona de credo o ideología las comprende, y las puede vivir naturalmente con esfuerzo y hábitos: **prudencia** (sopesa la información; la medida en hablar, callar, actuar, se

aleja del peligro); **templanza** (moderación de placeres, impulsos, apetitos-necesidades); **fortaleza** (afrenta, corrige, exhorta, alienta, lucha); **justicia** (procura vivir y hacer cumplir los deberes y derechos). Se llaman cardinales porque el término cardinal viene del latín *cardo*, “*punto principal o de giro*” de donde vienen las otras virtudes.

-*El quinto referente es de tipo axiológico.* La teoría de los valores morales o éticos, o espirituales (Vidal, 1999:74), acompaña esta experiencia, desde la perspectiva del trabajo de campo que cada estudiante va realizar individualmente, y como lo va a describir por escrito para socializarlo con el docente que orienta la experiencia.

Los valores morales son el patrimonio de la humanidad, están en la naturaleza personal y comunitaria de los pueblos, son un imperativo de razón y conciencia; y por eso los participantes de esta experiencia, irán a trabajar y a registrar su proceso movidos por los valores de la sinceridad, la transparencia, la honestidad que confluyen en la veracidad del informe que presentarán.

Los valores morales el individuo los descubre en la realidad (Wojtyla, 1998:82), y los aprende en su hogar, en la educación, y en el trascurso de su vida.

-*El sexto referente es el soporte motivacional.* La experiencia del aprendizaje para buscar moldear el *ethos* de los participantes basada en la práctica de una virtud, tiene unas frases motivadoras para no proponer una práctica idealista sin contar la fragilidad humana.

Este componente analizado nos conduce a ver con objetividad el ideal de la vida ética que muchas personas han vivido y viven, pero sin desconocer la base: la naturaleza humana tan compleja, paradójica y misteriosa, que necesita de motivaciones (Maslow, 1991); (Frankl, 1991).

Teniendo en cuenta este realismo se motivan a los participantes con videos y frases de pensadores que el docente utiliza en la presentación del proyecto como entre otras: “*Todos quieren vivir felices, mi querido Galión*” (Seneca); “*El carácter de un hombre es su destino*” (Heráclito); “*Se puede vivir de muchos modos, pero hay modos que no dejan vivir*” (Fernando Savater) “*La vida privada es también vida pública*” (Saúl García).

- *El séptimo referente es un marco epistemológico sobre los estudios de los hábitos, las virtudes y su relación con el aprendizaje a estilos de vida.* La literatura del aprendizaje de los hábitos, virtudes, es variada y en esta experiencia de aula queda como un tema abierto por parte del investigador para seguir alimentando el trabajo de aula.

El marco de enfoques teóricos nos reporta a la antropología cultural con Edward B. Tylor y su obra *Primitive Culture* (1871); Alfred Louis Kroeber (1960); el filósofo Charles S. Peirce con sus estudios sobre los hábitos y su relación con el crecimiento y evolución (Barrera, 2001); Aristóteles en su moral a Nicomaco, *Capítulo VI sobre la virtud*; Santo Tomás y los estudios entre otros sobre las teorías de la madurez humana (Polaino, 1990; Panizo, 1996)

Desde los enfoques prácticos están los aportes de la neurobiología (Mora, 2011); o la educación de las virtudes (Isaac, 1998), clásica obra por edades evolutivas; o la tendencia al estudio de la voluntad como fuente-motor para dejar malos hábitos (Revista QUO, 2013); y el aporte de psicólogos comenzando por la obra de William James “habit” como capítulo IV de su obra *Principios de psicología*.

Estudios hay de problemáticas sobre problemas específicos como una adicción, o variables que afectan el comportamiento para dejar estilos de vida como el del Ministerio de Protección social y COLDEPORTES (2011) que elaboraron un estudio técnico sobre la promoción de hábitos de vida saludable, con énfasis en alimentación y prevención del consumo de tabaco a través de la práctica regular de la actividad física.

Hay que precisar que en el cambio de hábitos hay variables internas que influyen como aspectos ligados con la madurez tales como el autocontrol o dominio de sí y la externas como el rol de la familia, las amistades, la pareja, etc.

## **Metodología**

Mediante un proyecto de aula llamado la “*ética es para pensar y vivir*”, se trabajó con una población de 100 estudiantes entre 16 a 46 que reciben formación con el docente: estudiantes pertenecientes a instituciones Universitarias como la Santo Tomás, Antonio Nariño y el SENA.

La experiencia a vivir por parte de la población parte del aula mediante la asignatura que están viendo, y reciben una inducción de una duración de 8 horas, la cual contiene exposiciones magistrales del docente para presentar los aspectos relevantes que teóricamente sustentan el proyecto.

Mediante la firma de un acta de compromiso o consentimiento el grupo de estudiantes elige individualmente la virtud cardinal que desea vivir: prudencia, templanza, fortaleza, justicia; fundamenta las razones de la elección con relación al problema de *ethos* que quieren mejorar. En el tiempo en que se dedica a la vivencia de la virtud, los estudiantes describen en un esquema o diario la práctica que realizan, orientados por los valores de la honestidad, la transparencia y la veracidad que serán los vectores que los guían a registrar y a sustentar.

La metodología de esta experiencia de investigación cualitativa, no se inspira en una antropología y ética pesimista para motivarlos al trabajo de registro considerando a la población como tabula rasa frente a la vida virtuosa; al contrario se parte es de la maravilla de la juventud cuando se le ponen grandes retos; por eso el investigador parte del gozo del anuncio que recibe la razón humana cuando se le presenta lo bueno, lo bello, lo grande a realizar, gozo que suscita la adhesión del discípulo-estudiante a un camino por recorrer de perseverancia: “*insista, resista, persista y nunca desista*” (Anónimo)

Pasado el tiempo, y siguiendo el proceso temático de la asignatura, y reforzando el ideal de la vida virtuosa, llegado el día elegido para la entrega de la evidencia, cada participante realiza individualmente en un ambiente de intimidad, la sustentación de su experiencia escrita ante el profesor.

Este momento de análisis se hace mediante una entrevista dirigida preguntas fundamentales: ¿Cuál virtud decidió elegir?; ¿En qué se centró en vivirla en su *ethos*?; ¿Dígame hechos concretos en donde se ve en su trabajo que la pudo vivir o le fue difícil? (se constata con el informe que entrega el alumno); ¿Qué conclusión saca de esta experiencia?

## **Resultados**

Cien estudiantes (88 varones y 12 mujeres) son la población que participó en esta experiencia de aula; las edades que prevalecen en la población son los 16 a 46 años; y los días en que la población trabajó en su diario de campo para vivir la virtud osciló entre los 20 y 25 días.

Las virtudes más deseadas y vividas por la población fueron la fortaleza y la templanza, en tercer lugar la prudencia y muy pocos tomaron la justicia. En parte estos datos reflejan la capacidad de los jóvenes de afrontar grandes retos cuando se les presentan.

Un resultado relevante de la experiencia es constatar como efectivamente en los estudiantes hay un cambio de vida en su *ethos*, al realizar actos en favor de ella y en los centros de cambio que se propusieron; pues el 70% de la población trabajo pensando, actuando y escribiendo su historia en clave de vivencia de virtud.

Pensar en la virtud durante un tiempo es una contribución para que el joven vea la vida desde objetivos y esto ordena la visión de la misma pues frena el ímpetu de sus energías sin fines. Los cambios en el estilo de vida de la población se realizaron más por fuerza de las facultades espirituales: voluntad, razón, inteligencia, libertad; unida en casos a una lectura de fe en Dios.

El carácter (*ethos*) se puede moldear mediante la práctica de la virtud desde retos grandes o para algunos pequeños. Lo cierto es que por cosas pequeñas estos jóvenes realizaron un ejercicio neurológico y físico en función del cambio de su estilo de vida e implantando nuevos hábitos.

Constato en la juventud que cuando se le presentan grandes retos y en este caso de tipo existencial con relación a su vida de persona, ciudadano y futuro profesional; acuden a combatir siendo capaces de ser sinceros en sus logros: muchos estudiantes dieron su informe con satisfacción de adquirir un nuevo estilo; otros sin triunfalismos admitieron debilidades en su carácter pero tenían la satisfacción de haber luchado; y la mayoría entendió que fue posible dedicarse a vivir una virtud que es en últimas la práctica del bien y con ello favorecer su destino y el cuidado de la vida.

Lo humano como aprendizaje es un proceso inacabado y requiere en términos de una nueva ilustración antropocéntrica, esto es el recrear la razón y la voluntad que lo da la práctica de la virtud.

## **Conclusiones**

Esta práctica basada en la virtud, refleja no los ‘sueños de la razón’ que producen monstruos como lo expresa la pintura de Francisco de Goya de 1799; sino los sueños de la razón ética

capaz de generar lo noble, lo grandioso y hermoso que tiene todo ser humano en cada etapa de la vida

Pienso que una de las noticias que siempre espera la persona, es la de motivarlo afirmándole que: ¡se puede ser otro, es posible cambiar!, porque “*cambiar se puede, cambiar se debe*” (Revista Latidoamerica).

No me cabe duda que el proceso educativo de aula basado en la práctica de la virtud, puede contribuir a formar, moldear el carácter (*ethos*) de los estudiantes y con ello favorecer el cuidado de la vida cotidiana. Ver tantas experiencias de cambio o deseo de enfrentarse al cambio para cuidar la vida (alejarse del peligro, hábitos saludables, mantener las metas siendo constantes en luchar la vida; reconocer adicciones y combatirlas; ser justos; dominar los impulsos y la asertividad en la comunicación; saber utilizar el tiempo libre, etc); me dan más razones para continuar con esta práctica de aula, perfeccionándola en su metodología, en sus procesos y lectura.

Cultivar la naturaleza humana del estudiante (*corpus-anima-mente*) para contribuir en su formación de persona, ciudadano y profesional, es nuestro cometido como educadores y el de toda institución; pues estamos en los tiempos de la calidad, de la excelencia, de las certificaciones, de la información con la sociedad del conocimiento equiparada a la era del éxito del negocio; pero no se llega allí si no hay creatividad y virtud (Krugman, 1999).

Con esta experiencia constato que la educación desde el aula es un lugar para contribuir en los procesos de la madurez humana, porque la persona es siempre un ser en continuo nacimiento (*naturus*), siempre está naciendo debido a que tiene ante él, el presente y el futuro. Si no actúa así es un “*epígono-nace tarde*” (Griygiel, 2002:22)

Desde el aula el maestro puede contemplar en el discípulo, la metáfora kantiana del paso de la minoría de edad a la mayoría de edad, entendida como la capacidad de valerse la persona por sí misma donde se pasa de una vida tutoriada por malos hábitos a una vida tutoriada por la sana autonomía y emancipación, en donde prevalece la razón, la voluntad, la conciencia, la virtud, los valores.

Desde el aula se puede ver la metáfora del paso del esclavo (controlado por algo) por un equívoco estilo de vida; al paso del ciudadano libre (controlador de su propia vida).

Por eso con la vida virtuosa se va apagando la persona mediocre (Ingenieros, 2000), ‘*el hombre viejo*’, el hombre caído, carnal para que aparezca el hombre de esperanza capaz de soñar y esperar algo mejor levantándose. La formación ética es para el desarrollo de la persona, de la familia y de la sociedad; y la ausencia o debilidad ética genera subdesarrollo personal, familiar y social.

Los estudiantes que trabajaron esta experiencia buscaron moldear su forma de existir: identificaron una virtud para su vida y se propusieron vivirla; potenciaron la voluntad durante el proceso; hubo honestidad en la forma de diagramar el informe en relación a decir la verdad de su trabajo; con la práctica de la virtud se favorecían en muchos el cuidado de la vida personal, familiar, ciudadana; ganaron en interioridad, orden de vida, ascesis, señorío interior-padronanza, gozo del corazón por ser capaces de combatir sus deseos, emociones, pulsiones, sensaciones mediante el autocontrol; y experimentar que se puede cambiar de vida porque “*el carácter de una persona es su destino*” (Heráclito).

### Referentes

1. Ancille, E. (1997) *Nuevo Diccionario de Espiritualidad, Voz Moral*, T.II, Herder, Barcelona, p.654
2. Barrera, S. (2001), *Los hábitos y el crecimiento: una perspectiva Peirceana*, en Revista, Razón y Palabra, Febrero-Abril, nro 21, Guadalupe, México [http://www.razonypalabra.org.mx/anteriores/n21/21\\_sbarrena.html](http://www.razonypalabra.org.mx/anteriores/n21/21_sbarrena.html), febrero-abril
3. Borrero, A. (1994-1995), *Simposio permanente sobre la universidad*, Octavo seminario, conferencias, I. II, Bucaramanga
4. Chalmeta, G. (1996), *Ética Especial*, EUNSA, Pamplona, p.77
5. Compagnoni, F. (1992), *Nuevo diccionario de Teología moral*, voz: ética filosófica y ética teológica, Paulinas, Madrid, p.670; voz virtud, p.1866
6. De France, J. (1989), *Ética Generale*, Cassano Murge, Bari, p.7.
7. Duggig, Ch. (2012). *El poder de los hábitos*, Urano, México.
8. Frankl, V (1991), *El hombre en busca del sentido*, Herder, Barcelona
9. Ferrater, M. J. (1984), *Diccionario de filosofía*, voz ética, Madrid, p. 277
10. Gallego, C (1999), *Ética y valores*, Postergraph, Pereira, p.17.

11. García, S (2008), *Formación Profesional en Bioética*, San Pablo, Bogotá
12. García, S. (2005), *Vivir en la donación del ser*, Paulinas, Bogotá
13. Grygiel, S. (1982), *¿Quién es el ser humano?*, en Revista *Communio*, Mar-Abr, 1982, pp. 82-95. El habitar en la divinidad-verdad, es ya una sentencia de Heráclito: “Casa para el hombre es la divinidad”- ethos antropo daimon”.
14. Grygiel, S. (2000), *Extra Comunionem Personarum*, UPL, Roma, p.47
15. Heideger. M. (1975). *Lettera sull’umanesimo*, Torino, 123-125
16. Hubner, H. (1996), *Diccionario exegético del nuevo testamento*, V.I, Sígueme, Salamanca, p.1164
17. Isaacs, D. (1996), *La educación de las virtudes humanas*, Eunsa, Pamplona
18. Ingenieros, J. (2000), *El hombre mediocre*, Aleph.com, www.educ.ar
19. Jaspers, K. (1969), *Entre el destino y la voluntad*, Guadarrama. Madrid.
20. Krugman, P. (1999), *De vuelta a la economía de la gran depresión*, Norma, p.41.
21. Maslow, A. (1991), *Motivación y personalidad*, Diaz Santos, Madrid
22. Melina, L. (1996), *Moral: entre crisis y renovación*, Internacionales universitarias, Barcelona.
23. Ministerio de Educación Nacional, (1998), *Educación Ética y Valores Humanos*, Santa fe de Bogotá, p.25
24. Mora, F. (2011), *Se puede retrasar el envejecimiento del cerebro*, Alianza Editorial
25. Mora, F. (2012), *¿Está el cerebro diseñado para la felicidad?* Alianza Editorial.
26. Panizo O, S. (1996), *La inmadurez de la persona y el matrimonio*, Universidad Pontificia de salamanca,
27. Peláez, H. (1994-1995), *Un lugar para la ética en la Universidad?* en *Simposio Permanente sobre la Universidad*, por Alfonso Borrero, , p.3.
28. Polaino, A. (1990), *Madurez personal y amor conyugal*, Rialp, Madrid,
29. Reina, J. (2000), Punto de encuentro, *Informativo Sena Santander*, Mar. p.3-4
30. Revista QUO (2013), Nro 183, Enero
31. Rhonheimer, M. (2000), *La Perspectiva de la Moral*, Rialp, Madrid, p32.
32. S. Eddy Ives<sup>a</sup>, I. Moral Peláez<sup>b</sup>, C. Brotons Cuixart<sup>c</sup>, E. De Frutos Gallego<sup>d</sup>, M. Calvo Terrades<sup>e</sup>, N. Curell Aguilà<sup>f</sup> Revista *Pediatra Atención Primaria* vol.14 no.54 Madrid Jun. 2012: Hábitos de estilo de vida en adolescentes con sobrepeso y obesidad *versión impresa* issn 1139-7632.
33. Savater, F. (1991), *Ética para Amador*, Presencia, Bogotá, p.20

34. Sgreccia, E; DiPrieto, M. (1999), *Bioética Manuale per i Diplomi Universitari della Sanità*, Vita e Pensiero, Milano, p.65
35. Traver, F. (2001), *Pathos y daimon: carácter y destino*, Huerga y fierro. Madrid
36. Vico, J. (1993), *Éticas Teológicas ayer y hoy*, Paulinas, p.14
37. Vidal, M. (1999), *10 palabras clave en moral del futuro*, Verbo Divino, Navarra, p.75
38. Wojtyla, K. (1998), *Mi visión de hombre*, palabra, Madrid, p.286
  
39. WEB: <http://quo.mx/noticias/2013/05/31/como-entrenar-tu-fuerza-de-voluntad>
40. WEB: <http://www.lavanguardia.com/estilos-de-vida/20121012/54352479264/el-poder-de-los-habitos.html>
41. WEB: <http://www.zocalo.com.mx/seccion/articulo/la-ciencia-de-la-fuerza-de-voluntad>

# **LA MAGIA DE ESCRIBIR**

Nuvia Inés Borbón Ardila  
Genaro Humberto Amariles Mejía

## **Justificación**

El Sistema de Bibliotecas SENA (SBS) busca posicionarse como sistema bibliotecario brindando apoyo a la formación profesional integral, el emprendimiento innovador y el empresarismo, aportando conocimiento para todos los colombianos, potencializando y posicionando estos ambientes que permitan interactuar con diferentes agentes de nuestro entorno, siendo necesario que las Bibliotecas SENA sean espacios dinámicos, pertinentes y eficientes en el proceso de generación de nuevo conocimiento durante el desarrollo de la formación profesional integral de nuestros aprendices.

En el proceso de consolidación del Sistema de Bibliotecas (2008), su integración a las redes de conocimiento de formación integral (2009), y la participación de las actividades propias de la dirección de formación, se planteó en 2012 el proyecto de Alfabetización Informacional, proponiendo el “Plan Nacional de Alfabetización en el SENA”. Este plan incluye el desarrollo de programas de capacitación, la generación de espacios culturales dentro de las bibliotecas y talleres de fomento a la lectura. Se da fuerza al quehacer diario de estos espacios formativos con la resolución 1513 de 2017, por la cual se adopta el manual de funcionamiento de bibliotecas y se incluye en el Sistema Integrado de Gestión y Autocontrol – SIGA.

Por lo anterior; y teniendo en cuenta que desde la Biblioteca del Centro Industrial de Mantenimiento Integral del SENA, Regional Santander se concibe la necesidad de fortalecer el ser, el saber y el saber-hacer, se ha propuesto potenciar las aptitudes, cualidades y habilidades de los aprendices a partir de las competencias básicas como la lectura, la redacción, la capacidad de escuchar, el pensar de manera creativa, tomar decisiones, solucionar problemas, interactuar de manera responsable consigo mismo y con los demás, fortaleciendo la autoestima, la honestidad, el respeto por la diferencia, creando conciencia en la importancia de cultivar los principios éticos en todas las realidades de la sociedad actual.

La idea de motivar a los aprendices a escribir cuentos y poesías nace a partir del presente proyecto denominado “La Magia de Escribir”, el cual surge con el fin de promover diferentes actividades que se realizan desde biblioteca y en las cuales se ha tenido un apoyo valioso, por parte de las instructoras de Comunicación Martha Adelina Romero Ramírez, Ruby Carola Piñeres Mejía y Ruth Myriam Bravo Graz, para la realización de los Talleres de Promoción de Lectura. Estos han permitido fortalecer las competencias orales y escritas de los aprendices, por ello es significativo conocer algunas definiciones de promoción de lectura, que permitirán contextualizar el proyecto:

## Definición

Conforme a lo mencionado en el trabajo de Álvarez, et al. (2008), se puede entender la promoción de la lectura como *“la acción o conjunto de acciones dirigidas a acercar a un individuo o comunidad a la lectura, elevándola a un nivel superior de uso y gusto; de tal forma que sea asumida como una herramienta indispensable en el ejercicio pleno de la condición vital o civil”*

Morales, et al. (2005) plantean *“la promoción de la lectura es una práctica social dirigida a transformar la manera de concebir, valorar, imaginar y usar la lectura. se procura hacer de la lectura una actividad potencialmente liberadora y edificadora de la condición del ciudadano”* para el SBS, se considera una práctica social encaminada a transformar positivamente la forma como la comunidad SENA se relaciona con la lectura y la escritura, por medio de actividades que propician, ayudan, impulsan y motivan el comportamiento lector y escritor. Busca inculcar el amor por la lectura y la escritura y el descubrir obras escritas que le permitan conocerse, observar con criterio el mundo que lo rodea y potenciar lo aprendido con sabiduría en diferentes espacios y circunstancias de su vida diaria. (tomado del documento: *Plan Nacional de Alfabetización Información. Alfabetízate. un mundo de información. pág. 26. 2012*)

Ahora, veamos algunas definiciones de la palabra **“escribir”** que nos ofrece el *Diccionario de la Lengua española de la real academia* (2001):

1. Representar las palabras o ideas con letras u otros signos trazados en papel u otra superficie.
2. Componer libros, discursos, etc.
3. Comunicar a alguien por escrito algo.

A partir de las definiciones anteriores motivamos a los aprendices a exteriorizar su sentir sobre temas que les llaman la atención y sobre lo que ellos desean opinar o plasmar a partir de las letras.

Ahora bien, existe un factor fundamental para que el acto de escribir sea una aventura, éste es precisamente la creatividad. Según niño rojas, 2016 *“la creatividad es el motor y el faro orientador del acto de escribir. Es la fuerza que produce, abre caminos y alternativas, inspira, arroja luces, soluciona escollos, encuentra ideas y afianza otras. Exige buscar lo nuevo, lo desconocido, lo nunca pensado. Se aleja de la rigidez y de lo inflexible”*.

Bajo esta convicción, se motiva a los aprendices en la necesidad de seguir soñando y de arriesgarse a hacer lo que nunca se atrevió, a darse la oportunidad de medir sus capacidades, a ser capaces de plasmar sus emociones y pensamientos a partir de las letras, estas que pueden contar sus experiencias inimaginables y en muchos casos ver convertidos sus sueños en una realidad, que alguien más lea sus escritos y la satisfacción de dejar salir la voz interior que pide a gritos ser escuchada, creando en el individuo un mejor ser humano.

## **Descripción**

Durante el desarrollo de las actividades de los programas lectura en voz alta, club de lectura, tertulias y cafés literarios se ha propuesto motivar a los usuarios de la Biblioteca del Centro Industrial de Mantenimiento Integral a expresar mediante un escrito sus relatos y vivencias, recuerdos de lo cotidiano, sus sufrimientos y sinsabores, sus alegrías y situaciones graciosas de la vida cotidiana, permitiéndole a la escritura actuar como un puente liberador del alma y conectando la mente, el alma y el corazón.

El acto de escribir como medio que genera un reconocimiento en el individuo, garantiza un cambio en el ser. La sensación de liberación a partir de las letras, el aumento de la autoestima mediante el querer a sí mismo aporta en la construcción de una sociedad más solidaria, más equitativa, una sociedad que abra puertas al que piensa diferente, una sociedad más justa y comprometida con las necesidades del otro mediante el conocimiento y las letras como fuente invaluable de transformación social.

## **Objetivo General**

Generar espacios de paz mediante estrategias que inculquen en los aprendices tomar conciencia de la necesidad de iniciar y continuar en el mundo del conocimiento y las letras como herramienta transformadora en el saber hacer y en el saber ser.

## **Objetivos Específicos:**

- Motivar para que el acto de leer sea una necesidad entre los aprendices, lo cual conduce a ofrecerles herramientas que los empoderen en la escritura ya que la lectura genera conocimiento y fluidez al momento de querer plasmar las experiencias bajo la letras.

- Descubrir en los aprendices sus habilidades innatas hacia el gusto por la lectura y la escritura. Sensibilizar hacia el fortalecimiento del ser.
- Fortalecer las competencias comunicativas en los aprendices con el fin de afianzar los conocimientos y el placer por la lectura y la escritura.

### **Alcance**

Con este proyecto se pretende fomentar la cultura lectora en el Centro Industrial de Mantenimiento Integral, como herramienta poderosa para crear conciencia de la responsabilidad que tiene el individuo como actor principal en la transformación del ser, de su comunidad y de la sociedad.

Mediante el desarrollo de las diferentes actividades en promoción y animación a la lectura se pretende sensibilizar y motivar a los aprendices en arriesgarse a plasmar en el papel sus propias vivencias. Una vez se cuente con este producto los profesionales de Biblioteca junto con las instructoras de comunicación seleccionan y depuran los mejores escritos para consolidarlos en un libro.

De esta manera desde las Bibliotecas del SENA responden a las necesidades de información y conocimiento de los usuarios, propiciando espacios atractivos y acogedores que la conviertan en un centro social que ofrezca a la comunidad diversos medios de educación y de cultura y que disponga de instrumentos para transmitir información de interés de la comunidad educativa.

### **Estrategia**

<b>PLAN DE PROMOCIÓN Y ANIMACIÓN A LA LECTURA</b>	
<b>TÍTULO</b>	<i>CREACIONES DE ESCRITOS. CUENTOS, POEMAS, AUDIOS Y COMIC.</i>
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Por medio de lecturas de cuentos, fragmentos de novelas, poemas y narraciones en voz alta, se incentivan a los aprendices del centro industrial de mantenimiento integral cimi a escribir sus propias producciones. Igualmente, la instructora de Comunicación, Carola Piñeres Mejía, motiva a sus aprendices en la grabación de capítulos de novelas de escritores que se encuentran en la

	<p>Biblioteca al igual que en la adaptación de obras como: “<i>Los Amigos del Hombre</i>” del autor colombiano Celso Román.</p> <p>Así mismo, como muestra del trabajo en equipo con las instructoras de Comunicación Martha Adelina Romero Ramírez y Ruth Myriam Bravo Graz, se programó mediante una dramatización de la obra literaria “<i>Cuento de la Madre Tierra</i>” del autor Rolande Causse; realizada por aprendices del grupo de teatro del centro de formación, un concurso de poesía basado en el compromiso del individuo con la preservación y conservación del medio ambiente, el cual se denominó “Amando la Madre Tierra”. Poesías de las que hacen parte el libro del proyecto.</p> <p>Finalmente, para enriquecer el vocabulario de los aprendices se motiva mediante el Concurso de Ortografía y Deletreo.</p>
<p><b>¿QUÉ SE HA CONSEGUIDO?</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Consolidar un producto de cuentos y poesías escritos por aprendices del SENA, Centro Industrial de Mantenimiento Integral para ser materializado en un libro.</li> <li>➤ Elaboración de un <i>comic</i> basado en el libro “<i>Los amigos del hombre</i>” del escritor Celso Román, el cual se compartió a toda la comunidad educativa mediante el programa “<i>Lecturas al Correo</i>”.</li> <li>➤ Arraigar a la Biblioteca, CIMI como un lugar de encuentro e intercambio de conocimientos entre los usuarios del SENA, Centro Industrial de Mantenimiento Integral.</li> <li>➤ Robustecer el fomento de la lectura en los contertulios desde el análisis y la comprensión de textos en concordancia a sus experiencias de vida.</li> </ul>
<p><b>¿PARA QUÉ HA SERVIDO?</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Potenciar la autoestima de los aprendices lo que permite empoderarlos y que cada vez quieran leer más.</li> <li>➤ Encontrar aprendices que han perdido el miedo a hablar en público y se motivan a participar en diferentes actividades que se promueven en el centro, como son: participar en los concursos de oratoria, cuentería, etc.</li> </ul>
<p><b>INDICADORES</b></p>	<p>Participaron 250 aprendices</p>
<p><b>EVIDENCIAS</b></p>	<p>Registro fotográfico</p>



*Comic “Los Amigos del Hombre”.*

*Aprendices Tecnología en Mantenimiento de Equipo Biomédico - Ficha 1261536*



*Representación del “Cuento de la Madre Tierra” como motivación al Concurso de Poesía “Amando la Madre Tierra”.*



*Concurso de Ortografía. Participaron todos los aprendices del centro de formación.*

<b>TÍTULO DE LA ACTIVIDAD</b>	<b>AUTORES O TEMÁTICAS</b>	<b>ACTIVIDADES</b>
“Tras la caza del poeta plural Fernando Pessoa y sus heterónimos”	Fernando Pessoa	La tertulia gira en torno a la vida y obra del gran poeta portugués Fernando Pessoa y sus heterónimos más representativos que son: Alberto Caeiro, Alvaro del Campos, Bernardo Soares
“Virginia Woolf “las mujeres y la literatura”	Virginia Woolf	A partir de su obra literaria “una habitación propia”, se genera la tertulia y en este trabajo la escritora hace una reflexión amplia sobre las mujeres y la literatura.
“Lovecraft: horror o terror?”	Howard Phillips Lovecraft	Se realizará un viaje por el escabroso mundo del terror de este autor estadounidense. Este escritor que desde temprana edad tenía preferencias por lo sombrío, las cuevas, los sitios umbríos, las arboledas perdidas. El famoso Stephen maestro del terror contemporáneo, en su estudio “Danza macabra”, expone a “Lovecraft, como el príncipe oscuro y barroco de la historia del horror del siglo xx”.
Fútbol y literatura	Jorge Luis Borges, Roberto Fontanarrosa, Eduardo Galeano entre otros.	Diversos autores que escriben de fútbol: la literatura y el deporte rey. En esta sesión se expondrá como el balompié y la literatura son amigos inseparables. La pasión de estos literatos es develada en sus escritos.
<i>Amor y Literatura</i>	Desde la mitología griega, Tristán e Isolda Gabriel García Márquez, “El Ingenioso Hidalgo Don Quijote de la Mancha” entre otros autores.	El amor ha sido una constante en la creación literaria. Muchos escritores se han inspirado para realizar sus creaciones literarias. Se abordará el tema del amor desde la antigüedad hasta el día de hoy. Es allí donde los grandes escritores le dan un papel preponderante al amor.
<i>El beso la expresión del arte</i>	El beso	El beso como expresión del arte y la literatura, esta es la temática que se abordará una de las grandes expresiones

		del ser humano que la literatura lo trata de una manera frecuente.
<i>La mirada como la expresión del alma</i>	Mirada (sicología)	La tertulia se basa en la mirada como dice el título de la estrategia que es una expresión del alma.
<i>Cultura santandereana: historia, costumbres, folclor y el arte.</i>	El departamento de Santander, su historia, cultura, costumbres y el arte	Se pretende por medio de esta tertulia darle la importancia que se merece el departamento de Santander abordando sus orígenes. Igualmente, rescatando memoria histórica de esta linda tierra donde los comuneros fueron los precursores de la Independencia en Colombia. Además, se abordan temas como la culinaria, sus costumbres, escritores representativos entre otros.
<i>Chocolatada: la mujer sus gustos y sus hobbies</i>	Mujer	La tertulia gira en torno a la mujer sus gustos y sus hobbies esa es la esencia de la actividad.
<i>Grandes escritores</i>	Autores destacados de la Literatura Universal	Se seleccionarán algunos escritores que por su importancia han dejado una huella indeleble en los lectores a través de las épocas. El objetivo es realizar una serie de tertulias literarias donde a manera de relato se haga un recorrido por los grandes escritores de la humanidad utilizando para ello autores relevantes.

## PLAN DE PROMOCIÓN Y ANIMACIÓN A LA LECTURA

<b>TÍTULO</b>	<b><i>LECTURA EN VOZ ALTA “BUSCANDO NUESTRA IDENTIDAD CULTURAL”</i></b>
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Lectura en voz alta es una actividad que se ejecuta en las diferentes tipologías de bibliotecas como parte importante en la formación de lectores. Es una estrategia que aglutina todo tipo de público lector, se efectúa por medio del uso del libro como protagonista principal en sus diversas formas de manifestación, tanto electrónica como física. Teniendo en cuenta que esta última

	<p>es la que constituye una correspondencia introspectiva y propia con el lector en formación.</p>
<p><b>¿QUÉ SE HA CONSEGUIDO?</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Crear la cultura lectora entre los aprendices. Se evidencia cuando ingresan a la Biblioteca CIMI por iniciativa propia a leer.</li> <li>➤ Crear la cultura del préstamo de libros de literatura fuera de las instalaciones del centro de formación.</li> <li>➤ Que los aprendices se interesen por leer títulos a los que no han podido acceder por falta de recursos económicos y sugieren a la Biblioteca su compra. Esta por su parte hace de puente incluyéndolos en la solicitud de compra y son libros que terminan siendo muy leídos por los demás aprendices.</li> <li>➤ Se está vivenciando que los aprendices prestan libros para compartir la lectura en familia, y muchos de éstos son renovados porque pasan por las manos de todos los miembros del hogar.</li> <li>➤ Los aprendices padres de familia están prestando libros para motivar a sus hijos a iniciar en el maravilloso mundo de la lectura, y se muestran inquietos e interesados y preguntan “que otro libro puedo llevar para que mi hijo lea”</li> </ul>
<p><b>¿PARA QUÉ HA SERVIDO?</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Para que los aprendices se atrevan a escribir.</li> <li>➤ Para empoderar a los aprendices y que de manera autónoma y crítica puedan expresar opiniones propias.</li> <li>➤ Para acercar a todo tipo de usuario a la Biblioteca del SENA, Centro Industrial de Mantenimiento Integral.</li> <li>➤ Para aumentar los indicadores de préstamo de material tanto dentro como fuera de las instalaciones del centro.</li> </ul>
<p><b>INDICADORES</b></p>	<p>Participaron 625</p>
<p><b>EVIDENCIAS</b></p>	<p>Registro fotográfico</p>



*Jornada lectura en voz alta*



*Aprendices leyendo por propia iniciativa*



*La Biblioteca va a todos los espacios del centro.*

<b>TITULO</b>	<b>AUTOR</b>	<b>ACTIVIDADES</b>
Cantata en varias voces	Corporación Yurupary	Lecturas de los cuentos en voz alta con ejercicios de exploración al inicio de la actividad con participación de los aprendices. El diálogo es la base fundamental de la estrategia.
<i>Los amigos del hombre</i>	Celso Román	Lectura de la biografía de Celso Román. Lecturas por entregas.
<i>Doce cuentos peregrinos:</i> <i>Sólo vine a hablar por teléfono</i> <i>El rastro de tu sangre en la nieve</i> <i>El verano feliz de la señora Forbes</i>	Gabriel García Márquez	Lecturas de los cuentos en distintos lugares públicos del CIMI.
<i>Ella es la muerte</i> <i>Cuentos que no te dejan dormir</i> <i>La parca, la pelona, la guadaña y el ángel del abismo.</i> <i>Una vecina siniestra</i> <i>El abuelo y “el siniestro doctor mortis”</i>	Luisa Noguera	Lectura de los cuentos con actividades complementarias.
<i>Crónica de una muerte anunciada</i>	Gabriel García Márquez	Lectura de la biografía de Gabriel García Márquez. Lecturas por entregas.
<i>El imperio de las cinco lunas</i>	Celso Román	Lectura de la biografía de Celso Román. Lecturas por entregas

<i>el libro de las ciudades</i> <i>la ciudad del dragón</i> <i>la ciudad del caballo sediento</i> <i>la ciudad en el río</i>	Celso Román	Lectura de los cuentos y creando historias de otras ciudades imaginarias a partir de estos relatos.
<i>El retorno de las lunas</i>	Celso Román	Lectura de la biografía de Celso Román. Lecturas por entregas.
<i>Entre amigos</i>	Celso Román	Lectura por entregas y dialogar sobre el valor de la amistad.
<i>Enana blanca</i>	Luisa Noguera	Lectura de los cuentos con actividades complementarias.
<i>Colección de poesía El Malpensante.</i>	La colección de poesía diferentes autores latinoamericanos	Lectura en voz alta de poemas de diferentes autores y géneros líricos de la poesía.
<i>Pa que se acabé la vaina</i>	William Ospina	Lectura por entregas
<i>La receta de la felicidad: las siete claves para alcanzar la felicidad</i>	Depaak Chopra	Lectura por entregas con actividades complementarias.
<i>El olvido que seremos</i>	Héctor Abad Facciolince	Lectura por entregas con actividades complementarias.
<i>La lámpara Maravillosa</i>	William Ospina	Lecturas y diálogos de sobre los ensayos

## PLAN DE PROMOCIÓN Y ANIMACIÓN A LA LECTURA

<b>TÍTULO</b>	<b><i>CLUB DE LECTURA “EONES”</i></b>
<b>DESCRIPCIÓN</b>	El club de lectura es una estrategia de animación a la lectura, en la cual un grupo de aprendices se reúnen periódicamente con el acompañamiento de un mediador de lectura para compartir e intercambiar opiniones con el fin de afianzar sus habilidades comunicativas.

	<p>Así mismo se les brinda la oportunidad de interactuar en diferentes tipos de talleres que les permiten reconocerse como individuo y potenciar sus conocimientos en diferentes temáticas. de esta manera han participado de los talleres relacionados a continuación:</p> <p>“El mundo cabe en un lápiz”, mediante el cual se pretende estimular la capacidad creadora del aprendiz y que además interiorice como el arte genera procesos de transformación social enfocados a la construcción de una paz duradera en nuestro país.</p> <p>Taller visita guiada museo ciencia ficción. A partir del interactuar con tecnología se busca estimular la capacidad de soñar, descubrir y crear con la historia de la ciencia ficción y sus aportes a la sociedad, reconociendo sus principales autores literarios, plásticos y cinematográficos.</p>
<p><b>¿QUÉ SE HA CONSEGUIDO?</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fomentar la práctica lectora como un camino hacia al conocimiento que cree deliberación, observaciones y crítica en los jóvenes y adultos del SENA, Centro Industrial de Mantenimiento Integral (CIMI).</li> <li>➤ Se ha permitido que los aprendices de manera crítica y profunda puedan visionar la realidad y comparar con fantástico, sacando lo mejor de cada mundo.</li> </ul>
<p><b>¿PARA QUÉ HA SERVIDO?</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se vivencia que los aprendices se han convertido en individuos más analíticos y reflexivos ante la cotidianidad.</li> <li>➤ Son más sensibles y perceptivos ante la realidad.</li> <li>➤ Son más responsables y comprometidos con su proyecto de vida.</li> <li>➤ Reconocen la importancia y la oportunidad de estudiar en una institución como el SENA.</li> </ul>
<p><b>INDICADORES</b></p>	<p>Participaron 325</p>
<p><b>EVIDENCIAS</b></p>	<p>Registro fotográfico</p>



*Taller “El mundo cabe en un lápiz” dirigido por el maestro Julio Peña Rincón.*



*Taller visita guiada Museo Ciencia Ficción.*



*Aprendices club de lectura. Leyendo libros por iniciativa propia.*

<b>TÍTULO</b>	<b>AUTOR</b>	<b>ACTIVIDADES</b>
---------------	--------------	--------------------

<p><i>Cantata en varias voces</i></p>	<p>Corporación Yurupary</p>	<p>Lecturas de los cuentos en voz alta y ahondar e intercambiar opiniones acerca de las obras de cada uno de los escritores de esta antología.</p>
<p><i>Los amigos del hombre</i></p>	<p>Celso Román</p>	<p>Lectura de la biografía de Celso Román. Lecturas por entregas. Posteriormente abrir un espacio de discusión acerca de la obra leída. Leer otros libros sobre esta temática y proyección de una película relacionada con el libro los amigos del hombre y realizar un cine foro al final de la presentación de la misma.</p>
<p><i>Doce cuentos peregrinos:</i> <i>Sólo vine a hablar por teléfono</i> <i>El rastro de tu sangre en la nieve</i> <i>El verano feliz de la señora Forbes</i></p>	<p>Gabriel García Márquez</p>	<p>Lecturas de los doce cuentos peregrinos y profundizar vida y obra de Gabriel García Márquez. Después centralizarse en el contexto y en el universo de Gabo. Para posteriormente los asistentes al club expresarán sus inquietudes, opiniones y su visión acerca de los cuentos y la forma de escritura del escritor colombiano.</p>
<p><i>Ella es la muerte</i> <i>Cuentos que no te dejan dormir</i> <i>La parca, la pelona, la guadaña y el ángel del abismo.</i> <i>Una vecina siniestra</i> <i>El abuelo</i></p>	<p>Luisa Noguera</p>	<p>Socialización de la biografía de la escritora Luisa Noguera, su trayectoria y sus libros publicados. Posteriormente se efectuaran las lecturas de sus cuentos y después los integrantes del club de lectura analizaran y expresaran sus opiniones</p>

<i>El siniestro Doctor Mortis</i>		acerca de los relatos trabajados.
<i>Crónica de una muerte anunciada</i>	Gabriel García Márquez	Lectura de la biografía de Gabriel García Márquez lecturas por entregas y posteriormente proyección de la película crónica de una muerte anunciada protagonizada por la actriz italiana Ornella Muti y dirigida por Francesco Rosi.
<i>El imperio de las cinco lunas</i>	Celso Román	Socialización de la biografía de Celso Román después, se efectuará la lectura del libro por entregas. De igual forma se contará con la participación activa de los integrantes para que expresen libremente sus opiniones acerca de la obra literaria. Investigación y realización de lecturas de mitos y leyendas del mundo. para finalmente realizar comparaciones acerca de las diferentes visiones
<i>El libro de las ciudades</i> <i>La ciudad del dragón</i> <i>La ciudad del caballo sediento</i> <i>La ciudad en el río</i>	Celso Román	Lectura de los cuentos y creación de historias de otras ciudades imaginarias a partir de estos relatos. Igualmente en otras sesiones realizar la lectura del libro las ciudades invisibles de Ítalo Calvino. Posteriormente que cada uno de los participantes del club intervengan y expongan sus argumentos de los textos leídos.

<i>El retorno de las lunas</i>	Celso Román	Socialización de la biografía de Celso Román. Posteriormente se realizará la lectura del libro el retorno de las lunas investigación y lecturas de mitos y leyendas del mundo.
<i>Entre amigos</i>	Celso Román	Lectura por entregas del libro entre amigos y dialogar sobre el valor de la amistad y la connotación que esto conlleva en su vida cotidiana.
<i>El cartero</i>	Antonio Skármeta	Contextualizar la obra literaria el cartero de Antonio Skármeta y realizar un recuento de la vida y obra del poeta chileno Pablo Neruda ganador del premio nobel de literatura en el año 1971. de igual forma se realizará la lectura de la novela el cartero por entregas y posteriormente se realizará un cine foro con la proyección de la película italiana Il postino (el cartero) del director Michael Radford cuyos protagonistas son: Philippe Noiret, Massimo Troisi y Maria Grazia Cucinotta.
<i>Colección de poesía “El malpensante”</i>	La colección de poesía diferentes autores latinoamericanos	Lectura en voz alta de poemas de diferentes autores y géneros líricos de la poesía. Investigar la procedencia de cada uno de los autores que se van a trabajar e investigar sobre teoría poética para que los aprendices adquieran la

		destreza en la apreciación del género lírico.
<i>Pa que se acabe la vaina</i>	William Ospina	Lectura y profundización del libro Pa que se acabe la vaina, con la intención de que en el Club de Lectura se enteren de la realidad del país bajo la lupa de este gran escritor colombiano y que manifiesten sus apreciaciones al respecto.
<i>El país de la canela</i>	William Ospina	Lectura de esta obra en la que escritor de manera magistral describe como los españoles invadieron y destruyeron el imperio inca. Los clubes de lectura persiguen es que por medio de las novelas se vaya ahondando y conociendo de manera objetiva la realidad latinoamericana y del mundo. Todo gracias a escritores del talante de William Ospina.
<i>La lámpara maravillosa</i>	William Ospina	Esta obra se compone de cuatro ensayos sobre la educación y un elogio a la lectura. Se realizará la lectura de estos cinco textos para que los integrantes del club de lectura se sumerjan no solamente al maravilloso de la literatura, sino también a temas tan importantes como la educación y la lectura.
<i>El olvido que seremos</i>	Héctor Abad Facciolince	Lectura de la obra “ <i>El olvido que seremos</i> ” por entregas para posteriormente discutir y analizar por la muerte de un médico tan prestigioso

		defensor de los derechos humanos en Colombia, el maestro Héctor Abad Gómez
<i>La receta de la felicidad: las siete claves para alcanzar la felicidad</i>	Depaak Chopra	Cada integrante del club de lectura leerá una de las leyes y se realizará una plenaria en la cual se expondrá cada una de estas premisas que de manera especial plantea el maestro Depaak Chopra.

## Bibliografía

Frías Navarro, Matilde. (2011). El texto. En procesos creativos para la construcción de textos (p. 33-75). Bogotá: Magisterio.

Hernández, Juan Pablo (2004). Animación y promoción de la lectura: consideraciones y propuestas. Juan Pablo Hernández. Colombia: Comfenalco Antioquia.

Niño Rojas, Víctor Miguel (2014). La aventura de escribir. Del pensamiento a la palabra. Bogotá: ECOE ediciones.

Programa Nacional de Alfabetización Informativa [Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA]. Por el cual se promueven el desarrollo de las competencias informacionales, lectoras y escritoras de la comunidad SENA. Diciembre de 2012.

Real Academia Española. (2017). Escribir. En Diccionario de la lengua española (23.ªed.). Recuperado de <http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=escribir>

Resolución 1513 de 2017 [Servicio Nacional de Aprendizaje SENA]. Por la cual se adopta el Manual de Funcionamiento de Bibliotecas en el SENA. Noviembre 16 de 2017.

Yepes Osorio, Luis Bernardo. Elaboración de proyectos institucionales de promoción de lectura. Luis Bernardo Yepes Osorio. Colombia: Comfenalco Antioquia, 1998.

Yepes Osorio, Luis Bernardo. (2006). Clubes de lectura: para hacer jóvenes invencibles. Recuperado de <http://www.lectores10.com/resources/Cludelect.pdf>

# **CIENCIA Y CONOCIMIENTO**

# **Diseño de Sistema para usar la energía cinética de los ríos en la producción de electricidad en zonas no interconectadas**

Enrique Chacón Pinzón

## **Resumen**

El propósito de este artículo es presentar el diseño de un sistema que aproveche la energía cinética de los ríos y quebradas en zonas aisladas de la red eléctrica nacional, para generar electricidad. Para tal fin se concibió un sistema de captación de la energía cinética que consiste en un esquema concentrador-turbina-barcaza-generador. El concentrador lo conforman toberas frontales y traseras para encauzamiento del caudal en cuyo centro se ubica una turbina de forma helicoidal con eje vertical. Con esta idea se diseñó y construyó el concentrador de tal manera que es posible sujetarlo a una barcaza flotante sobre la que irán los sistemas de transmisión mecánica y generación eléctrica. En pruebas preliminares se constató de validez del concepto presentado, además de resultar sencillo, práctico y portable.

## **Palabras Clave**

Microcentral hidroeléctrica, generación eléctrica, turbinas helicoidales, concentración de caudal.

## **Introducción**

EL Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas (IPSE), ha logrado identificar las Zonas No Interconectadas (ZNI) en Colombia. En tales zonas, los asentamientos normalmente se encuentran en la ribera de ríos, razón por la cual se desea proveerles una solución económica y fácil de implementar.

La fuente principal de energía renovable en Colombia se aprovecha mediante una central hidroeléctrica tipo embalse (Unión Temporal Universidad Nacional-Fundación Bariloche-Política Energética, 2010). Esta deja de ser una solución para las necesidades energéticas de las ZNI en llanuras debido a los siguientes inconvenientes: El terreno carece de desniveles considerables, el costo es alto y toma tiempo considerable su construcción, el dimensionamiento típico de las centrales es alto y las poblaciones rurales por lo general requieren pequeñas cantidades de energía, además los costos de inversión en infraestructura de transmisión son altos, debido a la lejanía de la red eléctrica nacional.

Otras fuentes alternativas son la eólica y la solar. Según muestran los estudios (IDEAM, 2006), los regímenes de viento en las ZNI tienen una distribución dispareja razón por la que sería una solución parcial. Por otro lado las soluciones con energía solar fotovoltaica tienen los valores más altos de inversión inicial, aun cuando han mantenido tendencia a la baja (Viñuela y Nuñez, 2012). Esto las aleja también de ser las ideales.

Existen varios sistemas para captar energía cinética de las corrientes de agua (Nielsen, 2010), como es el caso de la rueda tipo *Zuppinger* inspirada en los antiguos barcos que navegaban por los ríos de Norteamérica (al menos 10 metros de ancho contra solo 50 cms de profundidad), el gran tamaño de la turbina requerida lo hace poco práctico en nuestras ZNI.

También tenemos el método de desviar parte del caudal del río en llanura para conseguir una caída aprovechable, pero requiere de obra civil importante como que para conseguir unos pocos metros de altura, se requieren muchos kilómetros de desviación. Este hecho lo descalificaría para las zonas remotas pues lo que se desea es una solución lista para usar con intervención de obra civil mínima.

Otras iniciativas en diferentes lugares del mundo se han construido como es el caso de la turbina Hydro Electrical Barrel (HEB) de la foto 1, que se acercan más a lo que serían soluciones deseables a pesar de que resulta similar a la rueda Zuppinger. Este sistema aunque funcional genera poca energía (menos de 1 kw)



Foto 1 Turbina flotante HEB. Tomado de <http://hydro-electric-barrel.com/index.html>

Se encuentra también la turbina tipo *Gorlov* (Gorlov, 1998) que aparece en la foto 2, la cual capta directamente la energía cinética de los ríos. El rendimiento de esta turbina se ha calculado en 35% y se la ha usado en desarrollos adicionales como lo es la generación de hidrógeno. Su diseño se asemeja más a la nuestra, pues es también helicoidal aunque laminar, por lo cual se tuvo como referente.

Foto 2: Turbina Gorlov desarrollada por la UTN de Paraná, Entre Ríos, Argentina. Tomada



De <http://www.diariodeciencias.com.ar/wp-content/uploads/2014/03/turbina.jpg>

Si tenemos en cuenta que mediante la concentración del caudal del agua en curso por el río, se puede aumentar la velocidad final un 400% en el punto en el que esta se ubica, obtendremos una potencia que depende del cubo de tal velocidad. Tal comportamiento lo conseguimos usando unas toberas de admisión con área cuatro veces mayor que la turbina.

3

LA FÓRMULA GENERAL PARA CÁLCULO DE LA POTENCIA EN UNA CORRIENTE  $W = D \cdot S \cdot V / 2000$  [W]

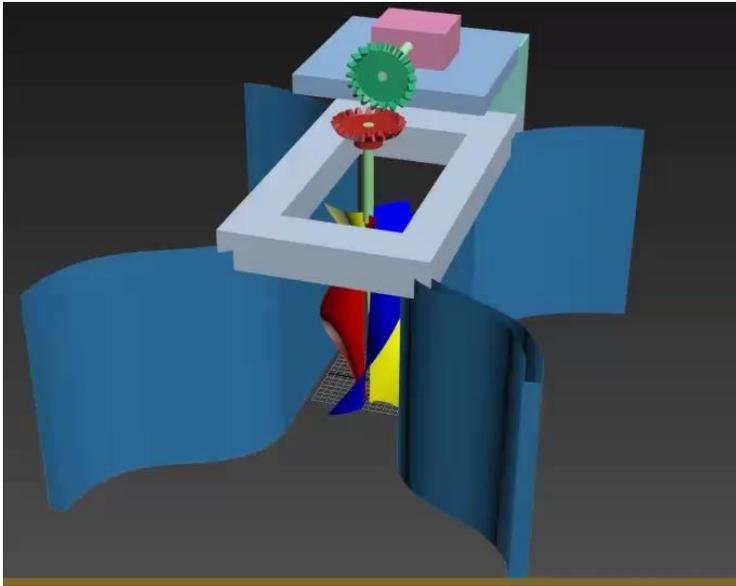
Permite determinar que para una turbina de 60 cm de ancho por 120 cms de alto ubicada en concentrador que capte 4 veces el caudal, podríamos obtener hasta 23 Kw lo que nos puede representar, con solo el 30% de eficiencia, unos 7 Kw de con la cual se solucionarían en gran medida las necesidades energéticas de la mayoría de caseríos ubicados en zonas ribereñas.

Teniendo en cuenta el análisis anterior, se desea obtener un diseño de sistema que aproveche la energía cinética de los ríos optimizando la velocidad final del flujo de agua sobre la turbina y así generar la mayor cantidad de electricidad posible en las ZNI.

## Desarrollo

### 1.1 Concepto.

Se partió de turbina helicoidal de tres aspas, previamente diseñada y construida por el autor, la cual tiene la característica de funcionar en cualquier posición. Inicialmente se estudió su comportamiento en un riachuelo en el que se colocó en diferentes posiciones y mediante inspección visual se concluyó que la vertical ofrecía mejor comportamiento además de ser la posición que más nos facilitaba el diseño del sistema.



*Figura 1: Visión general del concepto. El sistema de engranajes (cónicos) transmite el movimiento al generador va en la parte superior sobre plataforma flotante (barcaza).*

## 1.2 Prueba del Concepto

Con la idea de probar el concepto plasmado en la figura 1, se diseñó y construyó un concentrador básico sin láminas verticales en la entrada de agua. En la prueba de campo se evidenció que el concepto funcionaba pero debido a las turbulencias generadas la maqueta ejercía mucha resistencia lo cual repercutía en una pérdida grande de energía. **Diseño y construcción.**

Se pasó luego a diseñar y construir maqueta a escala con turbina de 12 cms de ancho por 24 cms de alto en concentrador (ver la figura 2 y fotografías 3 y 4) a la que se agregaron divisiones verticales, las cuales direccionan el flujo de agua con miras a obtener comportamiento similar al flujo laminar el que nos minimiza las turbulencias.

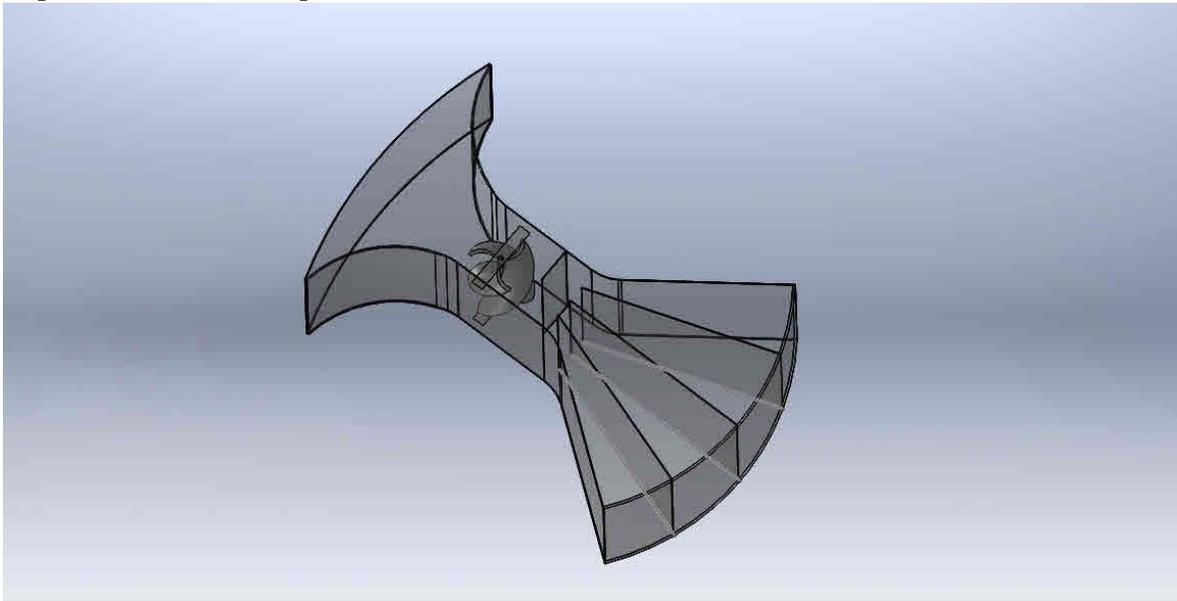
## 1.3 Materiales

El material principal utilizado en la construcción de la maqueta del concentrador fue lámina metálica calibre 22 de la cual se disponía suficiente cantidad y resultaba fácil de manipular además de dar la consistencia adecuada a la maqueta. Se cortaron inicialmente cada una de las piezas y luego se le unió con soldadura eléctrica. La turbina es sujeta mediante un par de rodamientos con chumacera, quedando libre unos 10 cms del eje libre para el acople con el sistema de transmisión.

Con el fin de evadir toda clase de residuos en el río e incluso los peces, se prevé la instalación de una malla en la parte frontal del concentrador, la cual por la misma razón se diseñó de forma curva.

Gracias a la sencillez del modelo resultante se tienen las ventajas adicionales de que los materiales requeridos son baratos y fáciles de transformar, además la tecnología para su

implementación es asequible.



*Figura 1. Diseño del sistema concentrador.*



*Foto 3: Vista trasera de la maqueta. Se aprecia detalle de la turbina.*



*Foto 4: Vista frontal de la maqueta. En esta foto se evidencia la ausencia de una malla frontal que proteja contra residuos y/o peces. En la parte superior está el eje que encaja con el mecanismo del generador eléctrico que va ubicado sobre sistema de flotación (tipo barcaza)*

## **2. Reflexión**

Las pruebas preliminares en la maqueta de la Microcentral dan pie para reconocer al sistema como muy práctico a pesar de que hasta el momento no se ha terminado de ensamblar. Una vez alcanzado este propósito se procederá a ubicarla en un río y evaluar su comportamiento, dotándola con su sistema de transmisión e instrumentos para medición de revoluciones y torque.

De llegarse a implementar este modelo, permitiría a los usuarios de las ZNI montar sus cadenas de frío para que se proyecten agroindustrialmente, tener escuelas, talleres y fábricas sin restricción de horario por disponibilidad de la energía.

En el caso de que las necesidades de energía superen la generada por la *mCH* fácilmente se podrían ubicar más barcasas con más *mCH* en la cantidad que permitan los recursos, el mismo río y la comunidad.

### 3. CONCLUSIÓN

La practicidad, portabilidad, bajo costo de materiales y rendimiento hacen del diseño de MCH presentado, la solución a implementar en las ZNI de Colombia bien sean estas de los llanos orientales, el litoral pacífico u otras poblaciones ribereñas del interior del país.

### RECONOCIMIENTOS

A los aprendices de las redes eléctrica y electromecánica del CIMI, quienes con sus experticias y buena disposición colaboraron en la construcción de las maquetas.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) A. M. Gorlov, 2001. Tidal Energy. <http://www.gcktechnology.com/GCK/pg2.html>
- 2) IDEAM, 2006. Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia .  
<http://www.upme.gov.co/Docs/MapaViento/CAPITULO1.pdf>
- 3) Gorlov, Alexander M. **Marine Technology and SNAME News** 35.3 (Jul 1998). Helical turbines for the Gulf Stream: Conceptual approach to design of a large-scale floating power farm: 175
- 4) Nielsel, Enrique, 2010. Energía de los ríos de llanura.  
<http://energialternativas.blogspot.com.co/search/label/energia%20mareomotriz>
- 5) Maché c, Stivanello j, Jacobi d, Gareis g. 2009. Obtención de hidrógeno mediante turbina de llanura.  
[http://www.cab.cnea.gov.ar/ieds/images/2009/hyfusen\\_2009/trabajos/01-120.pdf](http://www.cab.cnea.gov.ar/ieds/images/2009/hyfusen_2009/trabajos/01-120.pdf)
- 6) Unión Temporal Universidad Nacional-Fundación Bariloche-Política Energética,2010. Análisis y revisión de los objetivos de política energética colombiana de largo plazo y actualización de sus estrategias de desarrollo. [http://www.upme.gov.co/Docs/PEN/PEN\\_2010\\_VERSION\\_FINAL.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/PEN/PEN_2010_VERSION_FINAL.pdf)
- 7) Viñuela y Nuñez, 2012. Evolución de costos ERNC.  
[http://web.ing.puc.cl/power/alumno12/costosernc/C\\_Foto.html](http://web.ing.puc.cl/power/alumno12/costosernc/C_Foto.html)



## **Experiencia práctico pedagógica en la aplicación de metodologías ágiles a través del aprendizaje basado en proyectos como marco de trabajo dentro de la estrategia de formación profesional integral del SENA**

### **Resumen**

El presente artículo pretende realizar la transferencia de la experiencia práctica de la aplicación de metodologías ágiles en el desarrollo de proyectos de aula, como alternativa para cambiar la metodología cascada “*metodología actual del desarrollo de proyectos del SENA*”, ya que una realidad comprobada es que los requerimientos de un producto son susceptibles de cambio durante el ciclo de vida de construcción del mismo y no de manera secuencial, apoyados en la premisa anterior, y basados en la experiencia de desarrollo de proyectos, la utilización de metodologías ágiles como Scrum y programación extrema xp<sup>1</sup>, ayudan en gran manera a la consecución de objetivos en cuanto al desarrollo de proyectos de manera más eficaz y efectiva, con un completo control y seguimiento a los mismos, si a esto le sumamos la conformación de equipos de trabajo compactos, auto disciplinados, auto organizados, auto distribuidos y controlados, obtendremos muy buenos resultados en la adaptabilidad a los cambios como medio para aumentar las posibilidades de éxito del desarrollo de los proyectos de aula.

La distribución del presente artículo será de acuerdo al siguiente orden, la introducción donde se pretende dar a conocer la motivación del autor de abordar el tema en cuestión, y los objetivos que persigue con el mismo, posteriormente se abordara el marco teórico con los fundamentos conceptuales de Scrum, aprendizaje basado en proyectos, y trabajo en equipos distribuidos, en este punto se partirá de un estudio de caso, con unas preguntas iniciales de investigación, se realizará un análisis y diseño de la propuesta de investigación, se hará un análisis del contexto objeto de estudio, se realizara el planteamiento de las actividades, objetivos y contenidos, secuenciación, temporización y evaluación, posteriormente al desarrollo del proyecto mediante Scrum, con entregas incrementales y la utilización eficiente de las tic<sup>2</sup>, para la gestión, control, comunicación sincrónica, asincrónica y el trabajo colaborativo del equipo (*team*), se definirá el patrón pedagógico utilizado por el proyecto, como el esquema de la experiencia y el diagrama del patrón de acción del trabajo, para terminar con las conclusiones de la experiencia del desarrollo del

---

<sup>1</sup> <http://www.scrummanager.net>

<sup>2</sup> *Tecnologías de la Información y la Comunicación.*

proyecto, como también se mencionaran los logros o casos de éxito más destacados obtenidos del uso de esta metodología, y finalizar con los agradecimientos y la bibliografía.

## **Palabras Claves**

Scrum, metodologías ágiles, tic, aprendizaje basado en proyectos, estrategia pedagógica, control, seguimiento, desarrollo de proyectos, equipos de trabajo, adaptabilidad, éxito, equipos distribuidos, experiencias pedagógicas.

## **Introducción**

Las tendencias globalizadoras que enfrentan actualmente las instituciones educativas, en especial la del SENA<sup>3</sup>, que ofrece y ejecuta formación profesional integral, para la incorporación y desarrollo de las personas en actividades productivas, y el compromiso de sus instructores de desarrollar los conocimientos, las destrezas, las competencias y los sistemas de valores, que garanticen que todas estas capacidades serán un patrimonio con que en un futuro ha de contar un país, partiendo de esta premisa y lo mencionado en el resumen de este artículo que no se debe seguir aplicando la metodología cascada “*metodología actual del desarrollo de proyectos del SENA*”, y del compromiso que me atañe como instructor investigador de la institución, es mi deber compartir la experiencia práctica de la aplicación de metodologías ágiles a través de la experiencia del desarrollo de proyectos de aula, que he venido desarrollando y perfeccionando por más de 6 años en el SENA en el grupo de investigación Einstein a través del semillero de investigación Servit con muy buenos resultados, donde se destaca el trabajo en equipo y la aplicación de las metodologías ágiles. La gestión de proyectos de aula actualmente en el SENA sigue los enfoques secuenciales tradicionales. este enfoque es conocido como *modelo en cascada*, en él se propone generalmente una etapa de análisis, planeación, ejecución y evaluación, esta forma de afrontar proyectos ha sido adoptada por el resto de las disciplinas y se puede decir que ha influenciado en general la forma en que se afronta cualquier actividad de desarrollo, esta metodología funciona siempre y cuando los requerimientos del cliente sean estables, es decir no cambien, aunque en la realidad al abordar el desarrollo del proyecto los cambios son constantemente frecuentes e inevitables, además la capacidad de predecir el resultado es baja y la de realizar cambios En tiempo real es alta, es ahí donde el modelo tradicional en cascada predictivo, *es obsoleto*. En particular, en la industria del software se ha vuelto evidente que cuando las definiciones de los requisitos son más dinámicas, inciertas o

---

<sup>3</sup> <http://www.sena.edu.co/es-co/sena/Paginas/misionVision.aspx>

inestables, este modo de desarrollar produce sistemáticamente retrasos, altos costos para los proyectos e insatisfacción en el cliente<sup>4</sup>. En los últimos años han surgido distintas propuestas de mejora al desarrollo secuencial, las que han madurado en lo que se conoce como metodologías ágiles, en contraposición a las tradicionales consideradas “*pesadas*” por sus exigencias de formalización, documentación intensiva y estructuración predictiva de las tareas y esfuerzo necesario para llevar a cabo los proyectos<sup>5</sup>. Actualmente uno de los métodos ágiles más difundidos es *Scrum* (HICKS, 2012)<sup>6</sup>, basado en ciclos cortos de trabajo, desarrollo iterativo y adaptativo, permeabilidad a los cambios en los requisitos, auto-organización del equipo de trabajo, foco en la producción de valor, mejora continua del proceso y orientación a las personas.

Para *los instructores SENA* es un reto introducir este nuevo paradigma<sup>7</sup>, que requiere para ser asimilado de un tipo de formación basada en experiencias, que permitan así capturar en forma vivencial sus principios, comprendiendo tanto el potencial como los límites en su aplicación. Esta forma de afrontar el desarrollo de un proyecto tiene en cuenta el contexto, las incertidumbres, el estímulo de la creatividad, innovación y entusiasmo para el logro de resultados, plantea la necesidad de desarrollar habilidades de comunicación, auto-gestión, gestión del tiempo, compromiso, proactividad e iniciativa, trabajo en equipo de carácter interdisciplinario, donde las tic juegan un papel fundamental para su aplicación, entre otras. a lo largo de este artículo se plasma la experiencia de aprendizaje basada en proyectos, desarrollada con varios grupos, soportada por diversas herramientas tic, y en particular en un proyecto donde el SENA recibió un reconocimiento internacional por su aporte a la inclusión social, de la transferencia y análisis de las actividades de esta experiencia, se pretende extraer un patrón pedagógico que permita identificar las características de las estrategias utilizadas para desarrollar el proyecto, así como comprender su contexto, con el fin de facilitar su difusión y aplicación en el desarrollo de proyectos de aula futuros.

## Planteamiento del Problema

Se puede definir el problema como la aplicación de diferentes herramientas metodológicas y la aplicación de la metodología ágil *Scrum* para el desarrollo del proyecto GEVA, SENA (*Gestión de Evaluaciones SENA*), que consistió en la creación de múltiples aplicaciones o módulos para dispositivos móviles, desarrollados con el fin de apoyar la gestión de evaluaciones de los resultados de aprendizaje de las competencias a desarrollar por parte de

---

<sup>4</sup> Portal Scrum Manager: <http://www.scrummanager.net/blog/2011/10/scrums-como-patron-pedagogico-para-el-aprendizaje-basado-en-proyectos>.

<sup>5</sup> *Gestión ágil de proyectos de software*. Javier Garzas, Juan Enríquez y Emanuel Irrazabal.

<sup>6</sup> Extraído de Department of Computer Science sitio web: <http://www.cs.umd.edu/~mwh/papers/score.pdf>

<sup>7</sup> Portal Scrum Manager: <http://www.scrummanager.net>

los aprendices con o sin discapacidad visual del servicio nacional de aprendizaje SENA a nivel nacional. el problema inicial partió de un proyecto de aula del programa Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información (ADSI), que conjuntamente con el semillero de investigación Servit<sup>8</sup> y la utilización del marco lógico para el análisis del problema a desarrollar mediante el árbol de problemas y obtención posterior del posible árbol de soluciones, como los usuarios o actores principales que intervienen en el proceso donde pudo abstraerse que el problema de la investigación está basado en la necesidad de los instructores y aprendices, incluidos los que tienen discapacidad visual del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) a nivel país, de contar con una herramienta que permita de una forma más accesible e intuitiva conocer en tiempo real los resultados de aprendizaje y los juicios valorativos obtenidos por los aprendices, que facilite el control y la toma de decisiones para un mejoramiento continuo de su formación, ya que actualmente en la Plataforma SOFIAPLUS<sup>9</sup>(Sistema Optimizado para la Formación Integral y Aprendizaje activo), se requieren realizar muchos más procedimientos o pasos para la consecución del mismo objetivo, el cual se podrá mejorar de una manera eficaz con la implementación del aplicativo denominado GEVA y su valor agregado de ser un aplicativo móvil incluyente con las personas discapacitadas visualmente, que puede ser usado en sistemas como *IOS* y *Android* respectivamente. Se identificaron también los actores principales que influyen en el desarrollo del proyecto como son el SENA, el INCI (Instituto Nacional para Ciegos)<sup>10</sup>, los instructores y aprendices con o sin discapacidad visual, de ahí se abstrajo que las aplicaciones a desarrollar deben permitir a los aprendices consultar los juicios de evaluación de sus resultados de aprendizaje y al instructor evaluar, controlar y hacer un mejor seguimiento a sus evaluaciones en el aplicativo móvil diseñado para tal fin, con el propósito de incrementar los volúmenes de consultas de los resultados de aprendizaje y ofrecer un servicio de calidad incluyente. Las aplicaciones fueron desarrolladas para funcionar en red, basada en una arquitectura cliente-servidor y desarrollada con tecnologías *Open Source*.



Se desarrollaron varios aplicativos móviles para el seguimiento y control de los juicios evaluativos de aprendices SENA el cual está dividido en tres tipos de usuarios:

**GEVA INSTRUCTOR:** permite contar con una sencilla herramienta intuitiva para evaluar, gestionar y llevar un seguimiento de cada uno de los resultados de aprendizaje asignados a los aprendices.

<sup>8</sup> [Semillero de Emprendimiento Regional con Visión en la Innovación Tecnológica.](#)

<sup>9</sup> [www.senasofiaplus.edu.co](http://www.senasofiaplus.edu.co)

<sup>10</sup> <http://www.inci.gov.co/>



**GEVA APRENDIZ:** Se enfoca en la consulta de información relacionada al proceso de formación y rendimiento académico por parte del aprendiz sin discapacidad obteniendo resultados en tiempo real.



**GEVA APRENDIZ DV:** se enfoca en la consulta de información relacionada al proceso de formación y rendimiento académico por parte del aprendiz con discapacidad visual obteniendo resultados en tiempo real.

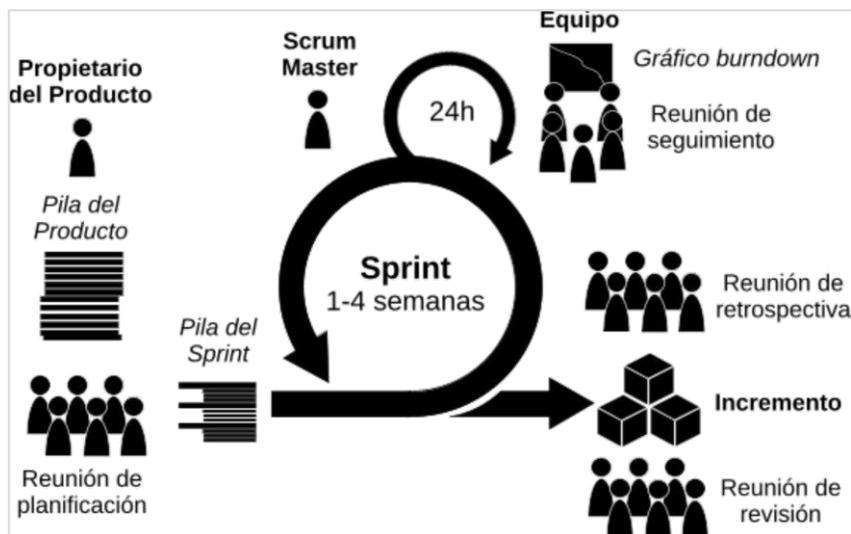
Para el desarrollo de las aplicaciones fue necesario introducirse en el mundo de la inteligencia artificial o razonamiento simulado, para los procesos de reconocimiento de voz, y manejo de transcripción de textos a audios, como también sumergirnos en el mundo de los discapacitados visuales mediante los lineamientos para la atención de aprendices ciegos o con baja visión, creados por la fundación Colombiana INCI y el SENA.

### Referentes Teóricos

De acuerdo a lo enunciado anteriormente en el resumen y la introducción de este artículo, en esta sección enunciaremos los conceptos teóricos necesarios para la comprensión y apropiación de la experiencia práctico-pedagógica aplicada al desarrollo de proyectos de aula.

### Metodología Ágil Scrum

*Scrum* (SCHWABER, 1995), es una metodología de gestión, mejora y mantenimiento de un sistema existente o prototipo de producción. Se basa en dividir un proyecto en iteraciones llamadas "*sprints*" ver figura 1.



## **FIGURA 1. CICLO DE VIDA SCRUM.**

El objetivo principal de *Scrum* es la implementación en lugar de una análisis o documentación extensiva, la ventaja principal de *Scrum* es que es flexible, proporciona mecanismos administrados para planificar la entrega de producto (COPLIEN, 1995) y luego administrar las variables antedichas a medida que avanza el proyecto. Esto permite a las organizaciones cambiar el proyecto en cualquier momento para proporcionar una versión apropiada a las variables.

### **Aprendizaje basado en Proyectos ABP<sup>11</sup> O Pbl<sup>12</sup> Project Based Learning**

Es una estrategia de enseñanza basada en el estudiante como protagonista de su propio aprendizaje. El aprendizaje de conocimientos tiene la misma importancia que la adquisición de habilidades y actitudes. Es una metodología y no una estrategia institucional<sup>13</sup>. Es una estrategia de aprendizaje, en la cual los estudiantes se enfrentan a un proyecto que deben desarrollar.

Se basa en la necesidad de cambiar el paradigma del proceso de aprendizaje, que se desarrolla sin saber el por qué y para qué o su necesidad en la vida, a un aprendizaje con sentido. Un nuevo paradigma que da el protagonismo al estudiante evitando su papel pasivo del sistema de contenidos y trabajando desde su participación activa y crítica para que alcance los aspectos clave definidos en el proyecto. Este proceso es fundamental para lograr ciudadanos democráticos y con pensamiento científico. Cada aprendiz posee un cerebro único y que la plasticidad cerebral nos asegura su desarrollo. Por ello debemos posibilitar que cada persona alcance su desarrollo a través de tomar el control de su propio aprendizaje. (VYGOTSKY, 1979) El ABP permite que todos los estudiantes puedan aprender, de manera inclusiva, construyendo social mente el conocimiento (LÓPEZ MELERO, 2005).

### **Trabajo en Equipos Distribuidos**

Basados en la literatura que ofrecen (MARTINS, 2004) sobre el tema y en el grupo Edusummit 2011 (SAKAMOTO, 2017), son definidos por comparación con los equipos de trabajo cara a cara, caracterizados principalmente porque la comunicación en los mismos se encuentra mediadas por las tic, permitiendo superar las limitaciones espaciales, temporales y organizacionales, los equipos virtuales o distribuidos no están restringidos por barreras

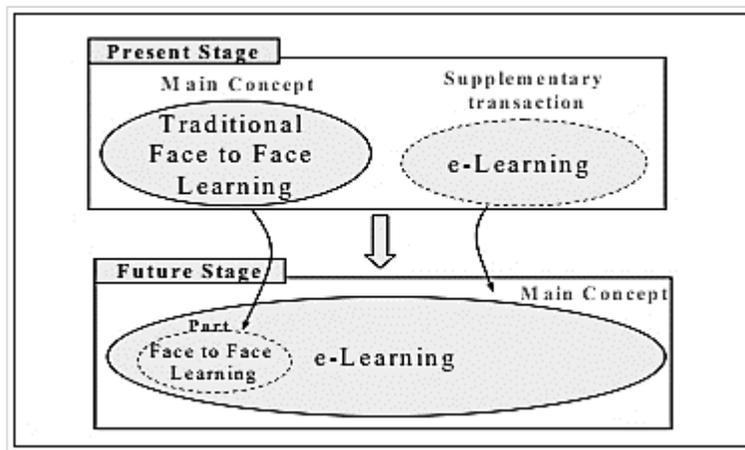
---

<sup>11</sup> [https://es.wikipedia.org/wiki/Aprendizaje\\_basado\\_en\\_proyectos](https://es.wikipedia.org/wiki/Aprendizaje_basado_en_proyectos)

<sup>12</sup> <http://www.bie.org> Organización Internacional sin ánimo de lucro con 25 años de experiencia ayudando a los maestros a preparar a los estudiantes para tener vidas exitosas.

<sup>13</sup> <http://www.eduteka.org/AprendizajePorProyectos.php>

geográficas, por lo que sus miembros podrían encontrarse en cualquier lugar del mundo. Permiten las comunicaciones asincrónicas (e-mail, foros, listas de correos, listas de actividades, grupos de discusión), donde la interacción entre ellos no tenga que ser necesariamente en “tiempo real”, es decir, sincrónica. De acuerdo a lo expuesto, en todo proceso colaborativo existe un nivel de interacción mediada por las tic; si se traslada al terreno del aprendizaje como se señala en el documento del grupo de trabajo de Edusummit (SAKAMOTO, 2017), en el que se plantea una evolución de una “etapa actual”, donde el concepto principal todavía se basa en la enseñanza cara a cara tradicional con *e-Learning* como una mejora, a la "etapa futura" en el que el modo de instrucción primaria es *e-Learning*, que puede incluir un componente de aprendizaje cara a cara como se muestra en la figura 2.



**Figura 2.** Tendencias de futuro para el aprendizaje electrónico e-Learning.

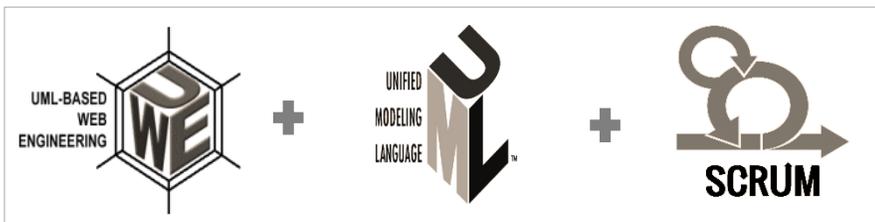
En este cambio de paradigma en la educación, las redes de e-Learning de investigadores comparten más eficazmente los conocimientos, los resultados de la investigación y las prácticas, y superan las fronteras culturales y nacionales.

El reto para los instructores investigadores es saber lo suficiente sobre las *TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación)* para poder:

- Identificar una gama de métodos de investigación eficaces.
- Sustentar la investigación con las teorías apropiadas.
- Reportar, compartir y distribuir los resultados de la investigación de una manera que permita a los diseñadores de políticas y a los profesionales beneficiarse de los hallazgos (OECD/CERI, 2005).

## Metodología

De acuerdo al tipo de investigación en ambos casos tanto para la experiencia pedagógica como para el caso práctico es la de innovación de un proceso, en cuanto al desarrollo de la primera se realizará un estudio de caso y para la segunda el desarrollo del proyecto GEVA se utilizaron las metodologías scrum, uwe (based web engineering) y uml (CACHERO CASTRO, 2010), propuesta metodológica basada en el proceso unificado uwe (NORA KOCH, 2001) + uml + scrum (BAUER, 1999). uwe cubre todo el *ciclo de vida* y aplica metodologías ágiles, de este tipo de aplicaciones centra su atención en aplicaciones personalizadas(adaptivas). el sistema se construye con tecnologías y herramientas especializadas asociadas con las metodologías ágiles de desarrollo, ver figura 3.



**Figura 3.** Metodologías desarrollo proyecto.

Como alternativa a las metodologías tradicionales nacen las ágiles, y dentro de éstas escogimos a *Scrum* como método ágil para gestionar el proyecto. El objetivo principal de la unión de las metodologías utilizadas es realizar una buena planificación, control, motivación y seguimiento, dado que se quiere exponer que el hecho de ir haciendo entregas constantes y frecuentes al cliente, no sólo lo mantiene contento, sino que además aumenta la confianza y la autoestima de los desarrolladores, ya que ir concretando etapas es una motivación para seguir adelante con la ejecución del proyecto, y va consolidando los equipos de trabajo.

Se aborda la investigación de la experiencia pedagógica a través de la metodología de estudio de caso considerando la importancia de los elementos y los resultados, describiendo los aspectos observados de la manera más completa posible, para extraer de la experiencia las conclusiones y posibilidades de aplicación a futuros proyectos. Desde el punto de vista metodológico, se trata de comprender e interpretar la experiencia, reteniendo las características significativas de la situación real analizada (YIN, 2009) y su desarrollo a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Los mayores beneficios se obtienen al producir una descripción vívida de los eventos del caso, proporcionando una narración cronológica de los más relevantes, conjugándola con el análisis de los distintos elementos intervinientes,

focalizando el mismo en un grupo de actores, intentando comprender sus percepciones, siendo involucrados completamente en el proceso y trasladar sus resultados en el informe del ejercicio (COHEN, 2007).

## Desarrollo del Proyecto

Para el desarrollo del proyecto de aula, se siguieron las siguientes actividades:

- Conformación de equipos de trabajo GAES<sup>14</sup>, de acuerdo a los estilos de aprendizaje detectados de cada aprendiz en la semana de inducción.
- Presentación del programa de formación y de la metodología de desarrollo SCRUM.
- Presentación del Proyecto formativo, y de la planeación pedagógica del mismo.
- Introducción al manejo de la plataforma Blackboard<sup>15</sup>.
- Introducción al manejo de la plataforma *Trello*<sup>16</sup>, mediante *Scrum* y *kanban*<sup>17</sup> (Toyota, 1999).
- Introducción manejo eficiente de las TIC.
- Actividades iniciales consolidación equipos GAES.
- Montaje en *Blackboard* de la planeación pedagógica del proyecto por fases, con sus guías, actividades de contextualización, material de estudio, actividades de aprendizaje, criterios de evaluación y evidencias.
- Creación de tableros *Kanban* de los grupos GAES con los *Sprint* totales del Proyecto en la Plataforma *Trello*, es decir el *Product Backlog* o pila del producto ver Figura 1.
- Administración y control de las actividades en la plataforma *Blackboard*.
- Administración y Control de los *Sprints* en la plataforma *Trello*.

## Desarrollo de Actividades Sprints Proyecto

---

<sup>14</sup> GAES “Grupos Autónomos de Estudio”.

<sup>15</sup> **Blackboard** plataforma de e-learning flexible y sencilla, que proporciona un sistema de administración de programas académicos, permite establecer un portal personalizable, comunidades en línea dentro del Campus, así como una arquitectura que permite la integración de múltiples sistemas administrativos y de evaluación.

<sup>16</sup> **Trello** plataforma de e-learning flexible y sencilla, donde administraremos el desarrollo del proyecto.

<sup>17</sup> **Kanban** es una palabra japonesa que significa “tarjetas visuales” (*kan* significa visual, y *ban* tarjeta). Esta técnica se creó en Toyota, y se utiliza para controlar el avance del trabajo, en el contexto de una línea de producción.

Lo primero que se realizó antes de iniciar actividades fue la inscripción y aceptación del proyecto en el semillero de investigación SERVIT, posteriormente se fijó un cronograma de trabajo en contra-jornada para los entrenamientos y seguimiento de los adelantos del proyecto, se conformó el equipo *Team* con **2** integrantes para el grupo *Senior Developer* y **2** para el grupo *junior Developer* y un *Scrum master* o líder del proyecto, el instructor jugó el papel del *Product Owner* o dueño del producto.

Se conforma equipos de **5** integrantes, ya que la experiencia nos muestra que algunos aprendices no continúan con la formación, y la metodología funciona con 3 integrantes como mínimo, dado el caso que solo queden 2 aprendices se asignan a los grupos que no estén completos, para continuar con el proyecto del grupo que no se disuelve.

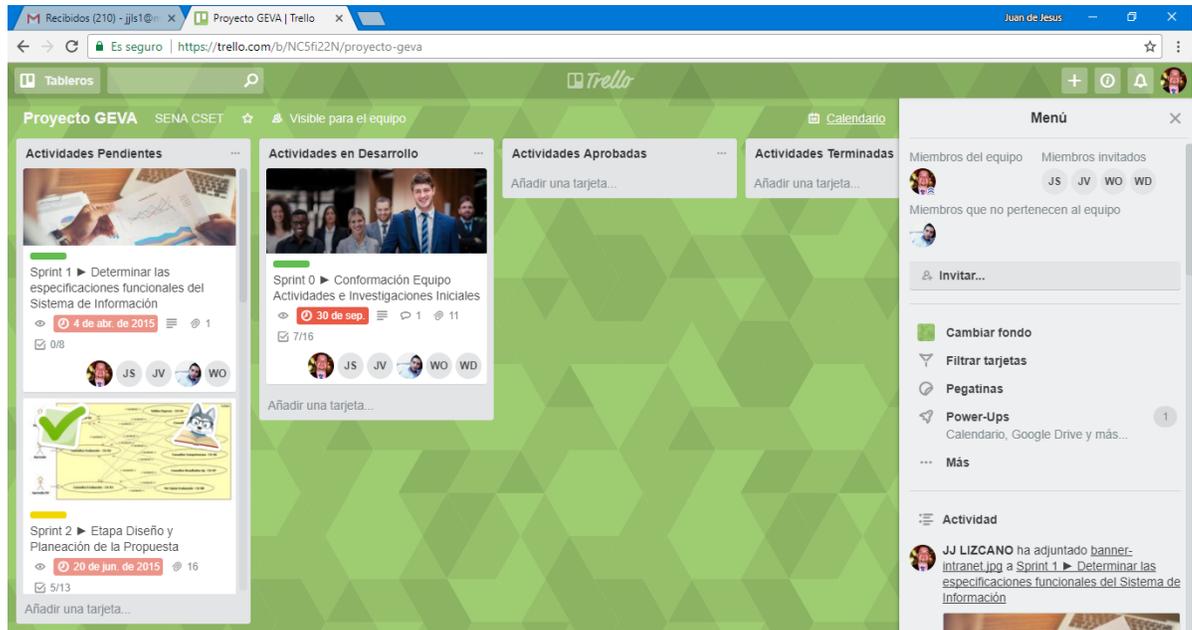
### **Actividades Preparatorias Sprint 0**

Las actividades iniciales tienen que ver con el establecimiento de la comunicación, para esta actividad el grupo debe realizar y enviar al correo del instructor:

- Nombre del grupo GAES.
- Enviar fotografía del grupo, para el tablero *Kanban*.
- Enviar correo misena y personal al instructor con la siguiente información:
  - Identificación, nombres completos, dirección, teléfono fijo, trabajo y celular, fecha de nacimiento, fotografía tipo documento.
  - Nombre y teléfono de un contacto familiar.
- Crear grupo de WhatsApp con el nombre del grupo y los integrantes del equipo, deben incluir al instructor al grupo como administrador.
- Crear grupo en Facebook, e incluir al instructor como administrador.
- Vincularse al tablero del proyecto de *Trello*.
- Definir los roles del equipo de trabajo.
- Planificar una visita familiar, con el instructor, para cada miembro del equipo.
- Revisar tarjetas con las actividades del *Product Backlog* del tablero *Trello*.

Basados en el principio de *Scrum* de auto-gestión, empezar con estas actividades pone a prueba una serie de conductas esperadas por parte de los miembros del equipo: autonomía, iniciativa, liderazgo, disciplina, capacidad de organización, compromiso y comunicación, el

instructor debe hacer parte activa de estas actividades resolviendo las dudas, inquietudes y montando el tablero en *Trello* del “*product backlog*” o pila de producto ver figura 4.



**Figura 4.** Tablero Trello proyecto GEVA actividades Product Backlog.

**Desarrollo Sprint 1 determinar las especificaciones funcionales del Sistema de Información:** los entregables de este *sprint* para la **primera** actividad de aprendizaje, utilizando la metodología de marco lógico, el árbol de problemas y el árbol de soluciones u objetivos son los siguientes:

- Documento generado con un procesador de texto, aplicando Normas APA para trabajos escritos o de investigación con la siguiente información:
  - Actores que intervienen en el Proyecto; Título del Proyecto; Planteamiento del problema o necesidad que pretende solucionar; Justificación del proyecto.
  - Objetivo General; Objetivos Específicos; Alcance del proyecto (producto, proceso y contexto).
- Generar los instrumentos pertinentes de recolección de datos, una vez avalados los instrumentos de recolección de información por el instructor técnico, debe aplicarlos y registrar apropiadamente todos los datos para su posterior análisis.

Para la **segunda** actividad de aprendizaje “*Modelar el Mapa de Procesos de la Organización*”, los entregables son:

- Documento de Excel “***Plantilla Caracterización de Procesos***”, con el mapa de procesos, caracterización y diagrama de procesos cruzados que considere se deben generar para el análisis de los procedimientos involucrados en los procesos objetivo de estudio en su proyecto.

Para la **última** actividad de aprendizaje “*diagnosticar el estado actual de los procesos, para identificar los requerimientos del sistema de información*”, los entregables son:

- Documento de Excel con la “***plantilla de stakeholders***” y la “***lista de requerimientos funcionales y no funcionales***” diligenciada.
- Por cada rol, se deben realizar las diferentes secuencias de *Mockups*<sup>18</sup> que reflejen la forma como el sistema los resolverá, esto por cada uno de los requerimientos teniendo presente que en algunos casos a un mismo *Mockup* se le puede dar uso en la resolución de varios requerimientos.
- Validada la información de la secuencia de los requerimientos, se debe entregar el documento de Excel con la “***Plantilla de especificación de requerimientos***” diligenciada.

**NOTA:** es de aclarar que las actividades que se entregan mediante los *sprints*, son únicamente las que hacen referencia al desarrollo del proyecto, las demás actividades las deben realizar mediante la plataforma *Blackboard*.

**RETROSPECTIVA SPRINT 1:** de la primera retrospectiva realizada resultaron las siguientes reflexiones:

- **Aspectos destacados:** los aspectos a destacar de este *sprint* después de su realización:
  - Auto-asignación de tareas en forma natural, de acuerdo a las habilidades y destrezas de los miembros del equipo.
  - Trabajo asincrónico bien coordinado y controlado.
  - Selección rápida y acertada de las herramientas de trabajo y comunicación (*Trello, WhatsApp, Skype*).

---

<sup>18</sup> Herramienta grafica que permite crear diagramas de flujo de procesos.

- Trabajo sincrónico, aprovechamiento del tiempo con el instructor y los equipos para resolver dudas e inquietudes y recibir retroalimentación y orientación en el desarrollo de las actividades de los *sprints*.
- **Aspectos a mejorar:** los aspectos a mejorar más destacados fueron los siguientes:
  - Dar más ejemplos para el desarrollo adecuado de la metodología del marco lógico en cuanto a la solución de problemas mediante árbol de problemas y de objetivos.
  - No fue suficiente la información del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) para apropiar adecuadamente los conceptos de la Actividad de Aprendizaje 2, es necesario reforzar con videos del tema, y ejercicios prácticos de proyectos ya realizados que sirvan de base para los nuevos a realizar.
  - Mayor atención a la planificación y a las fechas límite de entrega, priorizar esfuerzos en función del valor de negocio de los requisitos, definir el momento en que se “congela” el incremento (evitar cambios de última hora en el entregable).
  - Para la última actividad de aprendizaje no dejar la revisión de los entregables para la fecha de entrega, ya que al ser una tarea que requiere bastante dedicación, no fue cumplida por los equipos, es importante estar revisando el estado de la actividad al menos en tres momentos antes de la entrega.

Como conclusión general del primer *sprint*, resultó claro el nivel de compromiso del equipo, su homogeneidad en cuanto a actitudes y la capacidad de integrar las diferentes habilidades, cada miembro del equipo seleccionó las tareas para las que se encontraba mejor preparado. Además, apoyar a sus compañeros en las que estaban haciendo falta, un aspecto destacable fue que frente a la dificultad de falta de sincronía, se desplegó y coordinó rápidamente el trabajo con los mecanismos asincrónicos disponibles en la Plataforma *Trello*, y los canales de comunicación creados para tal fin, extrayendo el máximo provecho de la disponibilidad de tiempo de cada integrante, con el fin de alcanzar el objetivo.

**DESARROLLO SPRINT 2 HASTA SPRINT N:** los siguientes *sprint* siguen la misma estructura de los 2 primeros, donde a partir de unas actividades de aprendizaje se deben entregar unos productos del desarrollo del proyecto y realizar una retrospectiva para cada *sprint*, de los cuales podemos resaltar las siguientes reflexiones:

- **Aspectos destacados:** los aspectos a destacar de los *Sprints* después de su realización:
  - Trabajo sincrónico, aprovechamiento del tiempo con el instructor y los equipos para resolver dudas e inquietudes y recibir retroalimentación y orientación en el desarrollo de las actividades de los sprint.
  - La delimitación del tiempo disponible fue determinante para focalizar la atención en las actividades de cada sprint, provocando una interacción orientada a la acción. El *Scrum* master que simultáneamente era un miembro activo en el desarrollo del producto, se encargó de señalar el avance de los tiempos para mantener el alcance y el ritmo necesario para lograr el objetivo en tiempo y forma, cumpliendo así con el envío oportuno de los entregables de cada sprint y el producto final del último sprint.
  - Disponibilidad del instructor para alinear las expectativas con las posibilidades de desarrollo del equipo y negociar el resultado esperado.
  - Buena dinámica de equipo y asignación de tareas de forma natural, trabajo en equipo para superar dificultades, uso adecuado de las habilidades particulares de cada uno y mejora de un *sprint* al otro de manera progresiva (aprendizaje de equipo).
  - Actitud proactiva de los aprendices (disciplina, disponibilidad para reunirse, asignación de tareas, colaboración, compromiso, etc.), gran porcentaje de tiempo dedicado a la actividad y poca “burocracia”,
  - Menor tiempo en la definición de las fases de estimación y la de planificación para evitar dispersarse.
  - A medida que se avanza en los *Sprints* hay menos probabilidad de perderse en los detalles y atender a las prioridades determinadas por el *sprint*.
  - Familiarización y utilización de herramientas *TIC* nuevas.
  - Realización de actividades de cierre por parte del instructor, para retroalimentar las actividades alcanzadas por el equipo en cada *sprint* y sugerir formas de abordar las nuevas actividades y felicitar y animar el equipo hasta terminar con el proyecto.

**RETROSPECTIVA FINAL SPRINTS:** como retrospectiva de los *sprints* podemos destacar las siguientes:

- La experiencia permite desarrollar las etapas de la metodología *Scrum* con sus diferentes roles (*Product Owner, Scrum Master, Team*), sus artefactos (*Product Backlog, Sprint Backlog* y gráfico *Burndown*), reuniones (*planificación, revisión y retrospectiva*), principios (*autocontrol, autogestión, disciplina, producción, adaptación a cambios, retrospectivas y mejora continua*).
- Desarrollo de habilidades y competencias en el uso de herramientas *TIC*, de comunicación y de trabajo colaborativo.
- Retroalimentación proporcionada por el instructor que permite apreciar en el trabajo en equipo, la importancia del compromiso y proactividad en el logro de una actividad y trabajo adecuado, tanto en modalidad sincrónica como asincrónica.
- Las herramientas *TIC* tienen un rol esencial en la efectividad de la comunicación, control y del trabajo en un equipo distribuido.
- No hay herramientas que produzcan compromiso, por lo tanto, las estrategias pedagógicas para asegurar esta característica en el grupo de trabajo y potenciarla, son esenciales para el éxito de experiencias similares.

### **Patrón Pedagógico**

El análisis de una experiencia pedagógica con resultados satisfactorios permite identificar a partir de su desarrollo, los elementos que la definen y eventualmente faciliten su reproducción. Es ahí donde surge el concepto de patrones pedagógicos, estructuras que buscan formalizar en modo simple y resumido las estrategias de enseñanza-aprendizaje aplicadas a una situación o problema determinado y recurrente, intentando capturar no sólo la forma en que se desarrolló la actividad sino también los detalles de su contexto, los factores que influyeron en ella, los roles de los participantes, recursos implicados y otros aspectos, que permita facilitar la comunicación de la experiencia en forma transferible y repetible. En este contexto el autor (ZAPATA-ROS, 2011) dice que la intención es captar la esencia de la práctica en una forma compacta que facilite la comunicación de la experiencia a quienes la necesitan, al mismo tiempo que señala la importancia de la presentación de esta información en un formato accesible y coherente, permitiendo a otros instructores reutilizar

tales conocimientos y compartirlos dentro de la comunidad de práctica. Los autores (RODRÍGUEZ-SANDOVAL, 2010), al extender estos conceptos a los entornos virtuales de aprendizaje, proyectando el patrón al contexto del *e-Learning*, señala la existencia de un enfoque tecnológico como de uno pedagógico y en este identifica tres ámbitos de aplicación de los mismos: *el diseño instruccional, la tutoría online y el sistema de gestión del aprendizaje*. Para profundizar en este patrón existe un proyecto liderado por Joseph Bergin<sup>19</sup> (BERGIN, 2005), ofrece una variedad de patrones pedagógicos aplicables a diversas situaciones de enseñanza-aprendizaje. Para este artículo serán de particular interés en el análisis de la experiencia presentada, aquellos relacionados con el aprendizaje activo (BERGIN J. M., 2004) y aquellos relacionados con el aprendizaje experiencial (BERGIN J. E., 2005) que servirán de apoyo al caso analizado.

Se identifican como precondiciones determinantes del patrón:

- Aprendices seleccionados de acuerdo a sus estilos de aprendizaje, para trabajo en grupo mediante *GAES*.
- Disponibilidad de tiempo del instructor y de los miembros del grupo para coincidir en franjas horarias.
- Apropiar los conocimientos básicos de los principios y prácticas de las actividades de aprendizaje propuestas para tal fin.
- Acceso a *Internet* y apropiación de los conocimientos básicos de las herramientas *TIC* para la comunicación, colaboración y gestión del proyecto.

### **Resolución del Problema Del Proyecto**

Se puede definir el problema central afrontado como la ejercitación en el manejo de la metodología de desarrollo ágil *Scrum*, en un entorno virtual de aprendizaje con un equipo distribuido, realizando un proyecto colaborativo que permita asimilar los principios ágiles: auto-organización, producción iterativa de un entregable de valor para un cliente, mejora continua del proceso de trabajo en equipo mediante retrospectivas frecuentes, identificación y desempeño de roles, trabajo interdisciplinario y colaborativo, ciclos cortos de planificación y acción.

Los actores que están definidos mediante roles, los medios, las herramientas que condicionan la actividad son:

---

<sup>19</sup> *Pedagogical Patterns Project*: <http://www.pedagogicalpatterns.org>

- Comunicación mediada y gestionada por TIC.
- Tiempo para trabajar y disponer del tutor en forma sincrónica.
- Tiempo limitado “*time-box*” para desarrollar los entregables y el producto final objeto del desarrollo del proyecto.
- Intervención del Product Owner (Instructor) para compartir su visión y aclarar dudas e interpretaciones.
- Desempeño adecuado del rol de *Scrum Master*, con el fin de mantener el foco y el orden en el equipo de trabajo.
- Objetivos y actividades claras, y programación definida de los ciclos de trabajo.
- Disposición al trabajo en equipo, a la colaboración mutua y compromiso con el éxito de la actividad por parte de los participantes.

### **Desarrollo del Proyecto y sus Limitaciones**

La estrategia para la solución del problema planteado se compone de los siguientes elementos:

- Planeación detallada y precisa de las actividades a desarrollar, sus objetivos, duración, resultados esperados y entregables. La claridad de las tareas facilita la iniciativa de los aprendices y mejora su motivación al tener clara la dirección de la actividad, al mismo tiempo que se ofrece un canal de comunicación con el instructor para aclarar dudas y ayudar a resolver los problemas presentados.
- Reuniones sincrónicas y una clara distribución del tiempo en las reuniones, la asignación del *Scrum Master* o líder del grupo como responsable de velar por el cumplimiento de las actividades del sprint tanto en tiempo de duración como en calidad y alcance.
- Instructor como *Product Owner*, para facilitar la información y aclarar la interpretación de los requisitos, liberando a los grupos para el trabajo autónomo, para que ejercite su propia auto-organización y auto-disciplina.
- Desarrollo de varios *Sprints* (*reunión de planificación, ejecución y seguimiento, revisión del incremento y retrospectiva*).

- Bitácora del desarrollo de las actividades, lecciones aprendidas, retroalimentación con las retrospectivas y como superar en equipo las dificultades presentadas.

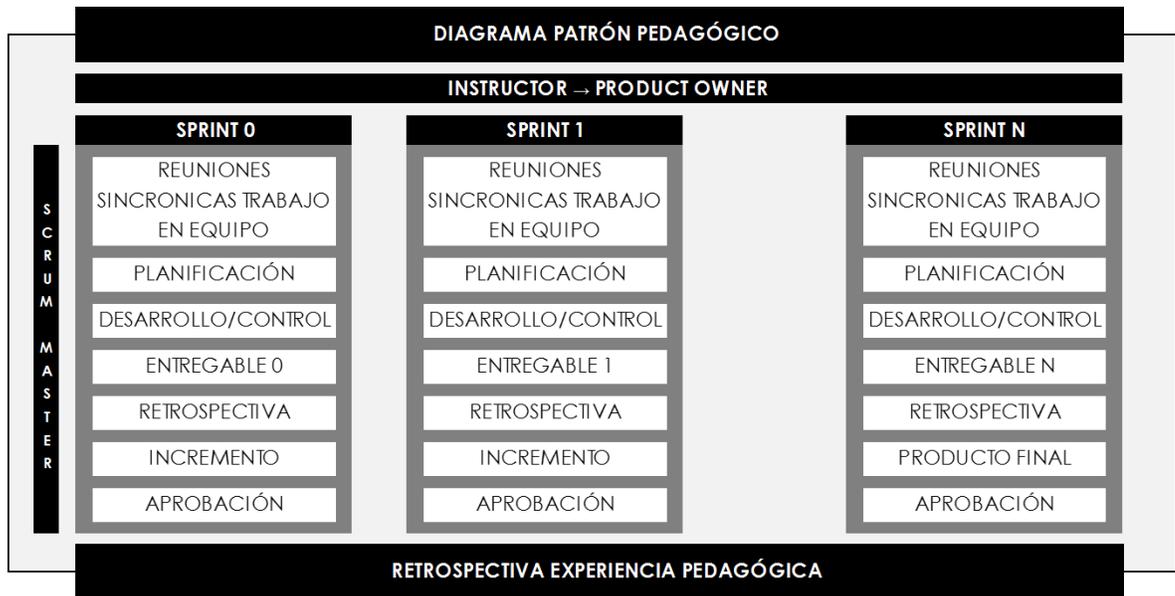


Figura 5. Diagrama patrón pedagógico.

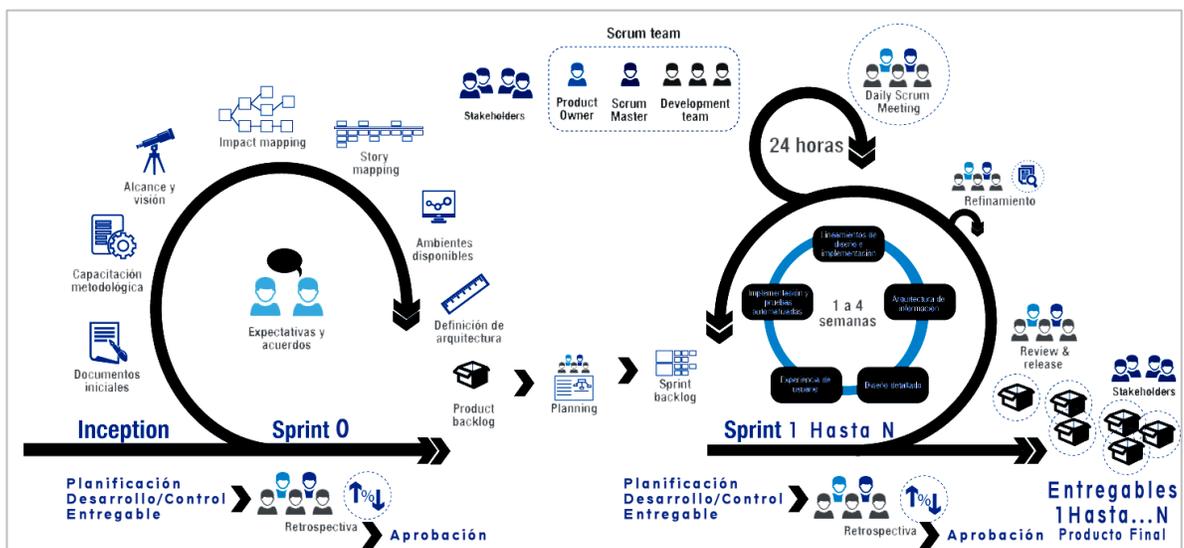


Figura 6. Dinámica patrón pedagógico.

La aplicación de este patrón pedagógico estimula en los aprendices la iniciativa, la autonomía, la proactividad, la responsabilidad, el trabajo en equipo y la colaboración, además permite resolver las dificultades a medida que se van presentando por parte del instructor o el líder del grupo, para no perder el objetivo del sprint, mantener el foco y la motivación. Los ciclos repetitivos de los *sprint* y la retro-alimentación por parte de las retrospectivas ayudan a conseguir la meta del aprendizaje y desarrollan la capacidad de auto-observación de los aprendices; promoviendo la mejora continua, el incremento de la autoestima, la cohesión del equipo, contribuyendo a la disminución de los índices de deserción de la entidad.

La limitación presente encontrada en la aplicación de este patrón emerge al acoplar las actividades diseñadas para el modelo cascada en el modelo del patrón pedagógico mencionado, otra limitación sería el bajo compromiso o el bajo rendimiento académico por parte de los aprendices en la realización de las tareas, por otra parte si el manejo de las herramientas tic no es adecuado, o no se cuenta con las herramientas de *hardware*, *software* y conectividad para llevar a cabo las actividades se aumentan las dificultades y demoras en las entregas, es ahí donde la proactividad y liderazgo del instructor deben estar presentes para solucionar los inconvenientes presentados, sin olvidar que para el desarrollo de las actividades se debe fundamentar la iniciativa, el respeto, la autonomía del grupo para decidir cómo resolver los inconvenientes presentados, *sin embargo*, si se observan dificultades o asimetrías muy marcadas sea en el uso de herramientas de comunicación o de elaboración, puede intervenir el instructor para re-enfocar el trabajo de manera que todos los grupos puedan extraer lo mejor de la experiencia, que no se centra en los tecnicismos sino en los aspectos de participación-acción-reflexión.

### **Perfeccionar el Método con otros Patrones Pedagógicos**

Para perfeccionar el método con otros patrones se pueden tomar referentes como (BERGIN J. M., 2004) donde se puede profundizar acerca de temas como “*invisible teacher*” profesor invisible: trata de disminuir gradualmente la dependencia de los aprendices hacia el instructor y aumentar la capacidad de los estudiantes para resolver los problemas de manera grupal. “*Groups work*” los grupos funcionan: el patrón enfatiza en el aprendizaje colaborativo, la ayuda mutua entre pares en el trabajo, que implica una participación menor del instructor, aunque requiere un seguimiento de los productos incrementales y la participación activa en las retrospectivas para intervenir en caso de dificultades. “*Real world experience*” experiencia del mundo real: planteamiento de situaciones reales, como el que se encontraría un profesional en la práctica. En este caso se plantea un proyecto simulado pero que puede perfectamente representar una situación de trabajo distribuido real

en su entorno. “*Built in failure*” error incorporado: exponer las actividades en términos generales requiriendo una mayor indagación por parte de los grupos para resolverla. La naturaleza del marco de trabajo *Scrum* parte de requisitos iniciales que pueden no ser completos y que van enriqueciéndose en los sucesivos *sprints* a través de una mejor comprensión de la visión del producto por parte del *product owner* “*instructor*”, y el *scrum master* “*líder equipo*” interactuando con el equipo de trabajo.

## Producto Final Proyecto GEVA

De acuerdo a los objetivos propuestos para el desarrollo del proyecto se entregaron tres aplicaciones móviles funcionales para los sistemas operativos *android*, *windows phone* e *ios*, que describiremos de manera general a continuación:

### APP GEVA INSTRUCTOR:

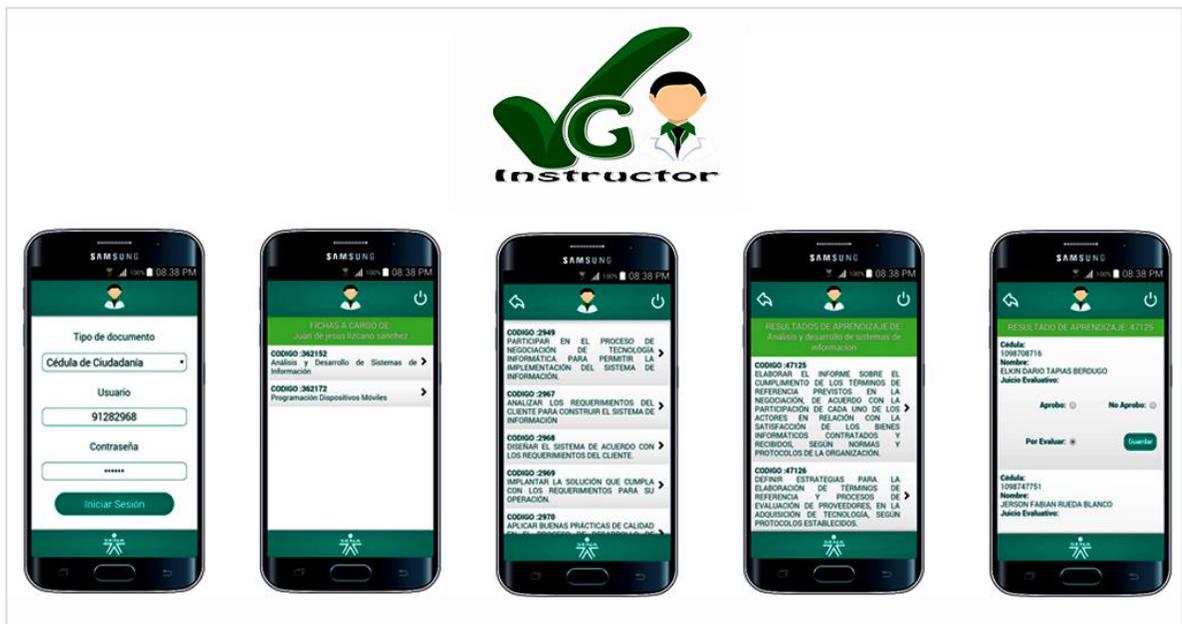
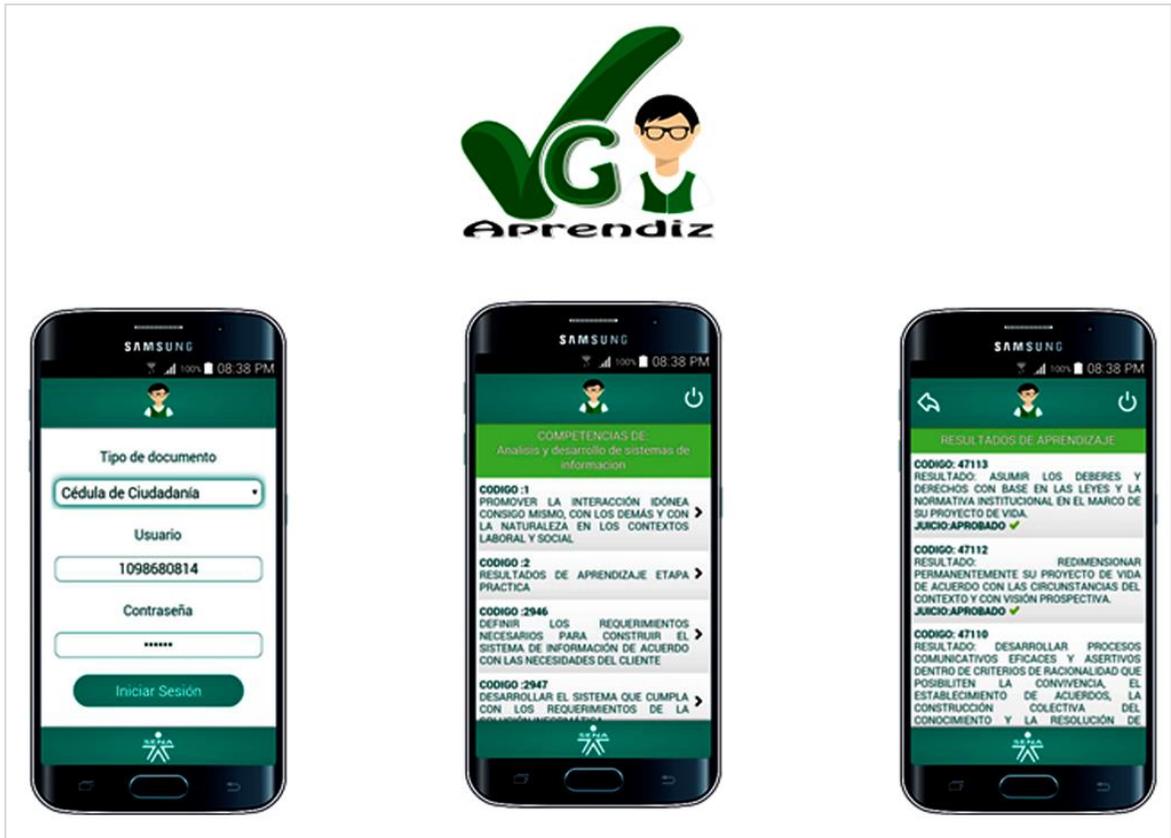


Figura 7. App GEVA instructor para android.

## APP GEVA APRENDIZ:



**Figura 7.** App GEVA aprendiz para android.

## APP GEVA APRENDIZ DISCAPACITADO VISUAL:

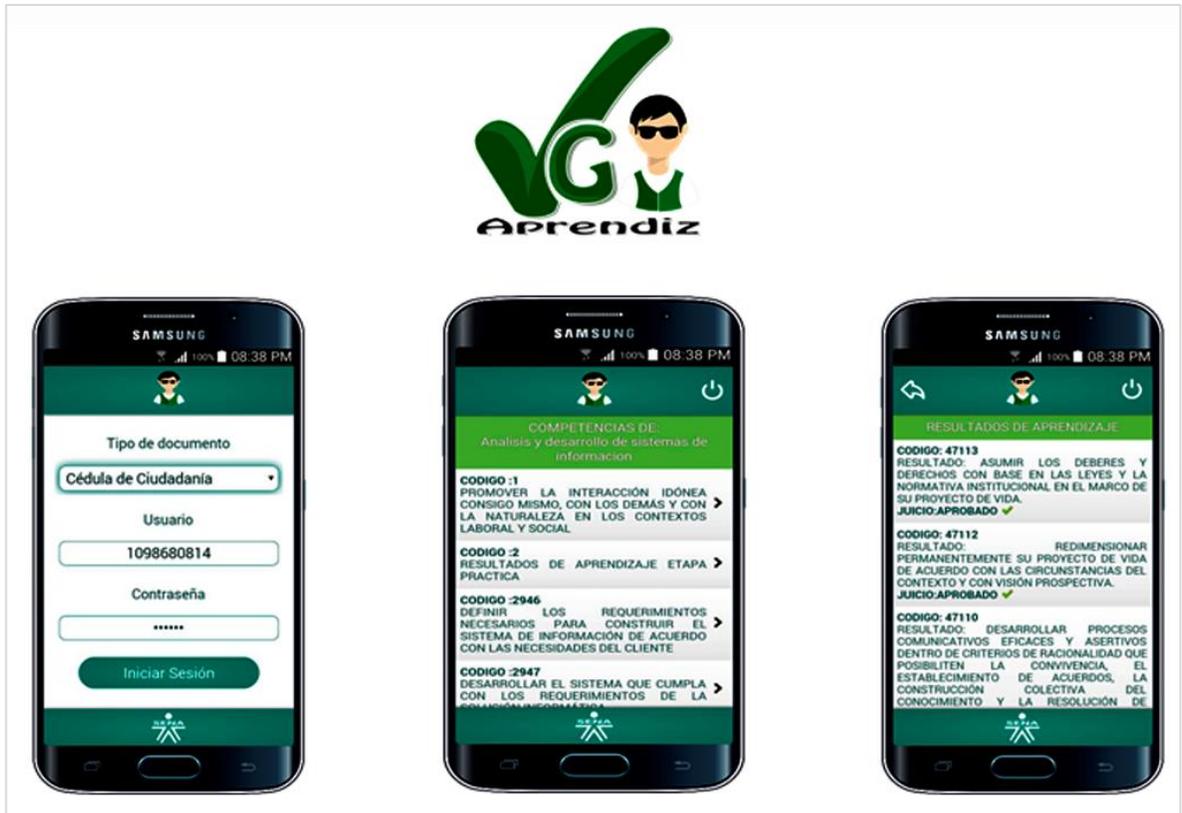


Figura 7. App GEVA aprendiz discapacitado visual para android.

## Resultados

Se han desarrollado más de quince proyectos que han participado desde el 2014 en REDCOLSI<sup>20</sup> en tres encuentros departamentales, tres encuentros nacionales y un encuentro internacional, además de participar en cuatro encuentros nacionales de SENASOFT<sup>21</sup>, donde se han obtenido dos medallas de oro, una medalla de plata y una de bronce, se han realizado dos transferencias departamentales, una nacional y una internacional, además de tres artículos en revistas con ISSN, ocho charlas departamentales, una nacional y otra internacional, un reconocimiento internacional para el SENA por el proyecto GEVA en su participación en Santiago de Chile, en las olimpiadas matemáticas

<sup>20</sup> Fundación Redcolsi <http://redcolsi.org/>

<sup>21</sup> SENASoft Sena <http://senasoft.sena.edu.co/index.html#/>

primeros cinco lugares a nivel nacional en los últimos 3 años, *Worldskill* a partir de este año en entrenamiento, pruebas saber pro primeros lugares a nivel de centro en los últimos 2 años, fondo emprender donde se destaca la asignación de recursos a 2 de los 5 proyectos presentados en los últimos 3 años, reconocimiento a dos aprendices de ADSI en el evento regional aprendices destacados de la Regional Santander, ubicación de los aprendices de *ADSI* en empresas como ESSA, Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, Banco AV VILLAS, SENA, Gobernación de Santander, Tránsito de Bucaramanga, Alcaldía de Bucaramanga, para mencionar algunas, aprendices empresarios con las empresas Render 3d, Eil computadores, Maxiparley, Newbet Colombia, para mencionar las más destacadas; y otras participaciones a nivel de centro.

## **Conclusiones**

De acuerdo a lo propuesto en este artículo, en el desarrollo del proyecto de aula y la metodología propuesta se podría concluir entonces que:

- No es apropiado seguir aplicando la metodología cascada en el desarrollo de los proyectos de aula, ya que una realidad comprobada es que los requerimientos de un producto son susceptibles de cambio durante el ciclo de vida de construcción del mismo.
- La utilización de metodologías ágiles combinadas, ayudan en gran manera a la consecución de objetivos en cuanto al desarrollo de proyectos de manera más eficaz y efectiva, con un completo control y seguimiento a los mismos.
- De acuerdo a la experiencia metodológica presentada en este artículo es viable la consecución y desarrollo de un proyecto de aula, gestionado y controlado con herramientas *TIC* con equipos *GAES*, con resultados de innovación, impacto y calidad.
- Para el desarrollo del Proyecto de Aula *GEVA* fue de gran impacto sumergirnos en el mundo de los discapacitados visuales, con temas como equidad, equidad en la educación, justicia educativa, derechos, igualdad, igualdad de condiciones, lo más importante de la interacción con este tipo de población es la concienciación para seguir desarrollando aplicaciones en pro de esta personas maravillosas que nos

enseñan a ser agradecidos con todos los privilegios que tenemos y nos inspiraron para alcanzar los objetivos trazados.

- *Scrum*, provee una dinámica de trabajo que ofrece mayor dinamismo al desarrollo de las actividades, adaptación al cambio, ciclos cortos y alternados de interacción, producción y reflexión.
- Existe un paralelo entre entorno de formación constructivista y los principios de las metodologías ágiles, donde las personas son el centro de atención y el rol de facilitador del instructor son un acelerador del proceso de aprendizaje del equipo.
- El impacto del patrón pedagógico, reside en establecer un diseño de trabajo iterativo más que secuencial, autónomo más que heterónimo y adaptativo más que prescriptivo.
- El rol del aprendiz *Scrum* master como facilitador del aprendizaje respecto al proceso de trabajo es de vital importancia en las fases iniciales, pero posteriormente se convierte en una responsabilidad compartida haciendo parte activa en el desarrollo de las actividades y trabaja conjuntamente con los demás miembros del equipo.
- El patrón pedagógico sintetiza un conjunto de reglas simples, principios y buenas prácticas que permiten a un grupo de trabajo transformarse en un verdadero equipo de alto rendimiento, en contextos de incertidumbre e interdisciplinariedad.
- La aplicación de este patrón pedagógico nos permite avanzar de un sistema de gestión del aprendizaje LMS “*Learning Management System*” centralizado, a un entorno más amplio que comienza a conceptualizarse como entorno de aprendizaje social SLE “*Social Learning Environment*”, donde se combinan diferentes recursos, servicios y aplicaciones para componer un ambiente extendido de interacción y colaboración.
- El aprendiz que asume el rol de *Scrum* master, experimenta una perspectiva particular del trabajo en equipo y puede ensayar conductas y habilidades en experiencias de proyecto controladas, que permiten el desarrollo de competencias en la solución de situaciones complejas en contextos reales, que van a brindarle la oportunidad a futuro de hacer parte activa en equipos de investigación multiculturales e interdisciplinarios.
- La elaboración de patrones pedagógicos a partir de experiencias prácticas, que revelan un funcionamiento adecuado y productivo en relación a sus objetivos, resulta

de relevancia tanto por el potencial para replicarlas como por su vocación de contribución a la comunidad de práctica.

- La gestión de proyectos realizada en entornos *TIC*, aplicando metodologías ágiles, reuniendo los beneficios de la estrategia de aprendizaje basado en proyectos, puede beneficiarse de este enfoque con el fin de encapsular un conocimiento práctico que extrae los elementos esenciales necesarios para reproducir las buenas prácticas.
- *Scrum*, como estrategia de trabajo de características y principios asentados, es considerado en el contexto del aprendizaje basado en proyectos como un verdadero patrón en sí mismo, que permite afrontar el problema del desarrollo de un conjunto de competencias transversales de vital importancia en el desempeño profesional de muchas disciplinas, a la vez que ofrece un conjunto simple de reglas que a través de ciclos de trabajo de inspección y adaptación continua que permiten el desarrollo de competencias blandas necesarias en una sociedad que demanda una creciente capacidad de innovación, creatividad y producción colaborativa.

## **Bibliografía**

- Bauer, F. B. (1999). Software Engineering. . *Report on a conference sponsored by the NATO SCIENCE COMITEE*. (pág. 136). Garmisch: Peter Naur & Brian Randell.
- Baumeister H., K. N. (1999). Towards a UML Extension for Hypermedia Design. *Proceedings of The Unified Modeling Language Conference: Beyond the Standard* (págs. 614-629). Francia: France R. and Rumpe B. LNCS 1723, Springer.
- Bergin, J. E. (2005). Patterns for active learning. *The Pedagogical Patterns Project*, Extraído de <http://www.pedagogicalpatterns.org/>.
- Bergin, J. M. (2004). Patterns for experiential learning. *The Pedagogical Patterns Project*, Extraído de <http://www.pedagogicalpatterns.org/current/experientiallearning.pdf> .
- Berner S., G. M. (1999). A Classification of Stereotypes for Object-oriented. *In Proceedings UML '99 – The Unified Modeling Language: Beyond the standard Conference* (págs. 249-264.). Francia: France R. and Rumpe B. LNCS 1723. Springer.

- Cachero Castro, C. P. (2010). *Introducción a la programación orientada a objetos*. Alicante, España: Publicaciones de la Universidad de Alicante.
- Cohen, L. M. (2007). *Research methods in education*. London, England: Psychology Press.
- Coplien, J. O. (1995). Borland Software Craftmanship: A New Look at Process, Quality and Productivity. *Proceedings of the 5th Annual Borland International Conference* (pág. Junio 5). Orlando, Florida: Borland Software.
- D., S. (2001). 1st Workshop on Web-oriented Software. *A Conference Review System* (págs. 46-54.). Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Hicks, M. y. (2012). *Adapting Scrum to Managing a Research Group. (Technical Report #CS-TR-4966)*. USA: University Of Maryland.
- López Melero, M. (2005). *Construyendo una escuela sin exclusiones. Una forma de trabajar con proyectos en el aula.* . Málaga: Aljibe.
- Martins, L. L. (2004). Virtual Teams: ¿What Do We Know and Where Do We Go From Here? *Journal of Management*, 805-835.
- N., H. R. (2000). A UML-based Methodology for Hypermedia Design. *Proceedings of the Unified Modeling Language Conference, UML '2000* (págs. 410-424). Francia: Evans A. and Kent S. LNCS 1939, Springer .
- Nora Koch, A. K. (2001). *The Authoring Process of the UML-based Web Engineering Approach*. Munich, Germany: Institute of Computer Science, Ludwig-Maximilians University of Munich.
- OECD/CERI, J. S. (2005). E- Learning in post-secondary education: Trends, issues and policy challenges ahead. *Centre for educational research and innovation/ Organisation for Economic Co-operation and Development in co-operation with the Japanese Ministry of Education, Culture, Sports, Science And Technology*. Nime, Japon: National Institute of Multimedia Education Japon.
- Pinheiro da Silva P., P. N. (2000). The Unified Modeling Language for Interactive Applications. . *In Proceedings UML 2000* (págs. 117-132). Valencia: Evans, A., Kent, S. LNCS, Vol. 1939. Springer-Verlag.
- Rodríguez-Sandoval, E. L.-C.-S. (2010). Evaluación de la estrategia pedagógica "aprendizaje basado en proyectos". *Educación y Educadores Universidad de la Sabana*, 13-25.

- Sakamoto, T. y. (28 de 09 de 2017). *Iowa State University of Science and Technology, Researching IT in Education. EduSummit 2011 - International Summit on ICT in Education. Paris*. Obtenido de Brief Paper Thematic Working Group 8: [http://www.cltl.iastate.edu/research/8EDUsummit2011\\_paper.pdf](http://www.cltl.iastate.edu/research/8EDUsummit2011_paper.pdf)
- Schwaber, K. (1995). *Advanced Development Methods, Scrum Development Process. Workshop on Business Object Design and Implementation*. Austin, TX .
- Toyota, A. J. (1999). *Kanban: Just in time at Toyota. English translation and revised Edition*. Toyota Aichi: Productivity Inc.
- Vygotsky, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona:: Aljibe.
- Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and methods (Vol. 5)*. London: Sage Publications.
- Zapata-Ros, M. (2011). *Patrones en elearning. Elementos y referencias para la formación. RED -Revista de Educación a Distancia, (En prensa)* Extraído de: [Extraído de http://www.um.es/ead/red/27](http://www.um.es/ead/red/27).

## Referencias

- Bauer, F. B. (1999). *Software Engineering. Report on a conference sponsored by the NATO SCIENCE COMITEE*. (pág. 136). Garmisch: Peter Naur & Brian Randell.
- Baumeister H., K. N. (1999). *Towards a UML Extension for Hypermedia Design. Proceedings of The Unified Modeling Language Conference: Beyond the Standard* (págs. 614-629). Francia: France R. and Rumpe B. LNCS 1723, Springer.
- Bergin, J. E. (2005). *Patterns for active learning. The Pedagogical Patterns Project*, Extraído de <http://www.pedagogicalpatterns.org/>.

- Bergin, J. M. (2004). Patterns for experiential learning. *The Pedagogical Patterns Project*,  
Extraído de <http://www.pedagogicalpatterns.org/current/experientiallearning.pdf> .
- Berner S., G. M. (1999). A Classification of Stereotypes for Object-oriented. In *Proceedings UML '99 – The Unified Modeling Language: Beyond the standard Conference* (págs. 249-264.). Francia: France R. and Rumpe B. LNCS 1723. Springer.
- Cachero Castro, C. P. (2010). *Introducción a la programación orientada a objetos*. Alicante, España: Publicaciones de la Universidad de Alicante.
- Cohen, L. M. (2007). *Research methods in education*. London, England: Psychology Press.
- Coplien, J. O. (1995). Borland Software Craftmanship: A New Look at Process, Quality and Productivity. *Proceedings of the 5th Annual Borland International Conference* (pág. Junio 5). Orlando, Florida: Borland Software.
- D., S. (2001). 1st Workshop on Web-oriented Software. *A Conference Review System* (págs. 46-54.). Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Hicks, M. y. (2012). *Adapting Scrum to Managing a Research Group. (Technical Report #CS-TR-4966)*. USA: University Of Maryland.
- López Melero, M. (2005). *Construyendo una escuela sin exclusiones. Una forma de trabajar con proyectos en el aula. .* Málaga: Aljibe.
- Martins, L. L. (2004). Virtual Teams: ¿What Do We Know and Where Do We Go From Here? *Journal of Management*, 805-835.
- N., H. R. (2000). A UML-based Methodology for Hypermedia Design. *Proceedings of the Unified Modeling Language Conference, UML '2000* (págs. 410-424). Francia: Evans A. and Kent S. LNCS 1939, Springer .
- Nora Koch, A. K. (2001). *The Authoring Process of the UML-based Web Engineering Approach*. Munich, Germany: Institute of Computer Science, Ludwig-Maximilians University of Munich.
- OECD/CERI, J. S. (2005). E- Learning in post-secondary education: Trends, issues and policy challenges ahead. *Centre for educational research and innovation/ Organisation for Economic Co-operation and Development in co-operation with the Japanese Ministry of Education, Culture, Sports, Science And Technology*. Nime, Japon: National Institute of Multimedia Education Japon.

- Pinheiro da Silva P., P. N. (2000). The Unified Modeling Language for Interactive Applications. . *In Proceedings UML 2000* (págs. 117-132). Valencia: Evans, A., Kent, S. LNCS, Vol. 1939. Springer-Verlag.
- Rodríguez-Sandoval, E. L.-C.-S. (2010). Evaluación de la estrategia pedagógica "aprendizaje basado en proyectos". *Educación y Educadores Universidad de la Sabana*, 13-25.
- Sakamoto, T. y. (28 de 09 de 2017). *Iowa State University of Science and Technology, Researching IT in Education. EduSummit 2011 - International Summit on ICT in Education. Paris*. Obtenido de Brief Paper Thematic Working Group 8: [http://www.cltl.iastate.edu/research/8EDUsummit2011\\_paper.pdf](http://www.cltl.iastate.edu/research/8EDUsummit2011_paper.pdf)
- Schwaber, K. (1995). Advanced Development Methods, Scrum Development Process. *Workshop on Business Object Design and Implementation*. Austin, TX .
- Toyota, A. J. (1999). Kanban: Just in time at Toyota. *English translation and revised Edition*. Toyota Aichi: Productivity Inc.
- Vygotsky, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona:: Aljibe.
- Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and methods (Vol. 5)*. London: Sage Publications.
- Zapata-Ros, M. (2011). Patrones en elearning. Elementos y referencias para la formación. *RED -Revista de Educación a Distancia*, (En prensa) Extraído de: [Extraído de: http://www.um.es/ead/red/27](http://www.um.es/ead/red/27).

### **Trabajos Citados**

- Bauer, F. B. (1999). Software Engineering. . *Report on a conference sponsored by the NATO SCIENCE COMITEE*. (pág. 136). Garmisch: Peter Naur & Brian Randell.
- Baumeister H., K. N. (1999). Towards a UML Extension for Hypermedia Design. *Proceedings of The Unified Modeling Language Conference: Beyond the Standard* (págs. 614-629). Francia: France R. and Rumpe B. LNCS 1723, Springer.

- Bergin, J. E. (2005). Patterns for active learning. *The Pedagogical Patterns Project*, Extraído de <http://www.pedagogicalpatterns.org/>.
- Bergin, J. M. (2004). Patterns for experiential learning. *The Pedagogical Patterns Project*, Extraído de <http://www.pedagogicalpatterns.org/current/experientiallearning.pdf> .
- Berner S., G. M. (1999). A Classification of Stereotypes for Object-oriented. In *Proceedings UML '99 – The Unified Modeling Language: Beyond the standard Conference* (págs. 249-264.). Francia: France R. and Rumpe B. LNCS 1723. Springer.
- Cachero Castro, C. P. (2010). *Introducción a la programación orientada a objetos*. Alicante, España: Publicaciones de la Universidad de Alicante.
- Cohen, L. M. (2007). *Research methods in education*. London, England: Psychology Press.
- Coplien, J. O. (1995). Borland Software Craftmanship: A New Look at Process, Quality and Productivity. *Proceedings of the 5th Annual Borland International Conference* (pág. Junio 5). Orlando, Florida: Borland Software.
- D., S. (2001). 1st Workshop on Web-oriented Software. *A Conference Review System* (págs. 46-54.). Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Hicks, M. y. (2012). *Adapting Scrum to Managing a Research Group. (Technical Report #CS-TR-4966)*. USA: University Of Maryland.
- López Melero, M. (2005). *Construyendo una escuela sin exclusiones. Una forma de trabajar con proyectos en el aula.* . Málaga: Aljibe.
- Martins, L. L. (2004). Virtual Teams: ¿What Do We Know and Where Do We Go From Here? *Journal of Management*, 805-835.
- N., H. R. (2000). A UML-based Methodology for Hypermedia Design. *Proceedings of the Unified Modeling Language Conference, UML '2000* (págs. 410-424). Francia: Evans A. and Kent S. LNCS 1939, Springer .
- Nora Koch, A. K. (2001). *The Authoring Process of the UML-based Web Engineering Approach*. Munich, Germany: Institute of Computer Science, Ludwig-Maximilians University of Munich.
- OECD/CERI, J. S. (2005). E- Learning in post-secondary education: Trends, issues and policy challenges ahead. *Centre for educational research and innovation/ Organisation for Economic Co-operation and Development in co-operation with the*

- Japanese Ministry of Education, Culture, Sports, Science And Technology*. Nime, Japon: National Institute of Multimedia Education Japon.
- Pinheiro da Silva P., P. N. (2000). The Unified Modeling Language for Interactive Applications. . *In Proceedings UML 2000* (págs. 117-132). Valencia: Evans, A., Kent, S. LNCS, Vol. 1939. Springer-Verlag.
- Rodríguez-Sandoval, E. L.-C.-S. (2010). Evaluación de la estrategia pedagógica "aprendizaje basado en proyectos". *Educación y Educadores Universidad de la Sabana*, 13-25.
- Sakamoto, T. y. (28 de 09 de 2017). *Iowa State University of Science and Technology, Researching IT in Education. EduSummit 2011 - International Summit on ICT in Education. Paris*. Obtenido de Brief Paper Thematic Working Group 8: [http://www.cilt.iastate.edu/research/8EDUsummit2011\\_paper.pdf](http://www.cilt.iastate.edu/research/8EDUsummit2011_paper.pdf)
- Schwaber, K. (1995). Advanced Development Methods, Scrum Development Process. *Workshop on Business Object Design and Implementation*. Austin, TX .
- Toyota, A. J. (1999). Kanban: Just in time at Toyota. *English translation and revised Edition*. Toyota Aichi: Productivity Inc.
- Vygotsky, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona:: Aljibe.
- Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and methods (Vol. 5)*. London: Sage Publications.
- Zapata-Ros, M. (2011). Patrones en elearning. Elementos y referencias para la formación. *RED -Revista de Educación a Distancia*, (En prensa) Extraído de <http://www.um.es/ead/red/27>.

## **Suspensión Fórmula SENA Eco**

*Orlando Torres Clavijo*

### **Introducción**

Fórmula SENA Eco es una competencia de vehículos de alto rendimiento con motor eléctrico que hace partícipe a instructores y aprendices del SENA a nivel nacional, además de estudiantes de universidades del país. Por medio de esta competición se busca que en Colombia halla un avance tecnológico e innovación en este campo ingenieril, también se trata de promover las relaciones interpersonales, un buen trabajo en equipo, creatividad, iniciativa y liderazgo.

En este proyecto se busca diseñar un sistema de suspensión para el vehículo monoplaza de la Escudería FORSSA Oriente buscando que sea confiable y duradera, teniendo como propósito ayudar a absorber las irregularidades del terreno, mejorar la tracción entre las llantas y la pista.

Obteniendo inicialmente el diseño conceptual del sistema de suspensión para luego llegar a la ingeniería de detalle, para evaluar el sistema diseñado se usó software CAD/CAE tanto para la geometría del diseño como para la validación por medio de análisis de elementos finitos.

### **1. Planteamiento del Problema**

El sistema de suspensión de un vehículo es de vital importancia ya que soporta el peso del mismo, además de proporcionar estabilidad, maniobrabilidad y absorción de irregularidades del terreno.

En vista que empieza una nueva competencia, la Escudería FORSSA necesita un equipo de trabajo capacitado, para la construcción de un nuevo vehículo monoplaza. Por este motivo, los autores de este proyecto se encargaron del sistema de suspensión, buscando que el diseño del sistema de suspensión sea confiable.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo General

Diseñar y construir el sistema de suspensión del vehículo de la Escudería FORSSA Eco que participará en la Fórmula SENA 2015, empleando herramientas computacionales, como *Solidworks* 2015 y *Ansys* 15, para el modelamiento y comprobación del sistema diseñado; con el fin de obtener un buen desempeño del vehículo bajo los parámetros del reglamento de la fórmula Sena eco.

### 2.2. Objetivos Específicos

- Diseñar el sistema de suspensión del vehículo de la Escudería FORSSA Eco que participará en la Fórmula Sena 2015 aplicando los reglamentos de la Fórmula SENA [ver Sección 7.2], la suspensión será de doble tijera utilizando *Push-rod*; mediante el uso de herramientas computacionales de modelamiento CAD (*SolidWorks* 2015).  
**Resultado:** Piezas modeladas y ensambladas del sistema de suspensión diseñado.  
**Indicador:** Ensamblaje sin interferencias y con parametrización de las piezas modeladas cumpliendo las normas establecidas por la Fórmula Sena.
- Realizar el análisis tensional del sistema de suspensión del vehículo de la escudería FORSSA Eco que participará en la Fórmula SENA 2015 a partir de la simulación CAE (*Ansys* 15).  
**Resultado:** Análisis de las cargas a que estará sometido dicho sistema siguiendo el reglamento de la Fórmula SENA.  
**Indicador:** Análisis estructural estático donde se muestre la resistencia a las cargas aplicadas, cumpliendo las normas establecidas por la Fórmula SENA.
- Realizar la construcción del Sistema de Suspensión del vehículo de la Escudería FORSSA Eco que participará en la Fórmula SENA 2015 cumpliendo los reglamentos de la Fórmula SENA.  
**Resultado:** Planos técnicos de construcción y fabricación de las piezas diseñadas que conforman el sistema de suspensión.

**Indicador:** Ensamble del sistema de suspensión en el vehículo realizado en los talleres del Sena del municipio de Girón-Santander.

- Establecer una metodología fiable para evaluar el funcionamiento del sistema de suspensión de los vehículos de la Escudería FORSSA Eco, cumpliendo con los reglamentos de la Fórmula SENA; a partir de la participación en la competencia Fórmula SENA Eco.

**Resultado:** Procedimiento paso a paso para la realización de las pruebas de desempeño del vehículo en circuito urbano comprendido por ensayos de aceleración y frenado, mantenida en curva, y slalom.

**Indicador:** Comprobación de la metodología valorando los datos obtenidos por la telemetría en el vehículo durante la competencia.

### 3. Justificación

La suspensión es el sistema que rige el comportamiento del vehículo en cuanto a estabilidad, maniobrabilidad, tracción en el terreno donde compita. Estos parámetros van directamente relacionados con la seguridad del piloto, pues es lógico pensar que un vehículo inestable y con poca tracción desempeñándose a su máximo rendimiento tendrá grandes probabilidades de fallar y accidentarse colocando la integridad del piloto en peligro, esto hace que el diseño de la suspensión de un vehículo sea tan importante, es un proceso que debe ser meticuloso y ordenado, siguiendo una lista de prioridades y parámetros de desempeño que se quieren obtener en el vehículo. En el vehículo FORSSA Eco 2015 presenta problemas en el sistema de suspensión, en la suspensión trasera la pieza que se conoce como barra *push* que normalmente trabaja solo a tensión o compresión, se encuentra sometida a esfuerzos de compresión y flexión ocasionando que durante el movimiento del sistema, los elementos que reciben dichos esfuerzos como lo son los brazos de las tijeras presenten fatiga mecánica y fallen.

En la suspensión delantera el comportamiento de amortiguación y rebote de la suspensión no es el óptimo, afectando la maniobrabilidad del vehículo y por lo tanto limitando la velocidad máxima que se puede alcanzar, lo cual ocasionó que durante la competencia se fracturara un soporte que unía al portamasas con la tijera inferior derecha. Para el FORSSA Eco 2015 se tiene previsto un análisis mediante elementos finitos para certificar que todas las piezas diseñadas soporten los esfuerzos que se pueden presentar en la competencia para evitar que las piezas fallen.

## **4, Metodología**

### **4.1 Enfoque de la Investigación**

Este proyecto tuvo un enfoque cuantitativo, en cuanto a la optimización de la cantidad de material a emplear en la fabricación del sistema de suspensión; y cualitativo, donde se le realizaron simulaciones por medio de elementos finitos, de esfuerzos normales y cortantes, y factores de seguridad para determinar la confiabilidad del diseño propuesto; eligiendo la mejor configuración a partir de la información recolectada de los diversos tipos de sistemas de suspensión existentes para vehículos de competencia y que cumplan con las normas dispuestas por la organización de la Fórmula SENA Eco.

### **4.2 Tipo de Investigación**

La investigación aplicada buscó utilizar un sistema de suspensión y adaptarlo a un vehículo de carreras. Con el desarrollo de este sistema mecánico se espera que el vehículo sea lo más eficiente, seguro y confiable durante la competencia, además que sea económico y sobre todo ligero; con el propósito que el vehículo obtenga la mayor eficiencia posible en el aprovechamiento de la energía otorgada por el sistema de potencia.

### **4.3. Metodología de Diseño**

Este proceso de diseño se llevó a cabo siguiendo la metodología de trabajo descrita por Norton, teniendo en cuenta que al organizar y estratificar el proceso de diseño permitió obtener un diseño que dé solución a los requerimientos de una forma más integral.

#### **4.3.1. Metodología de diseño según Robert L. Norton.**

Robert L. Norton define el diseño en ingeniería como el proceso de emplear diferentes conceptos físicos o científicos y tecnologías con el único fin de delimitar y descripción totalmente un dispositivo, esta parametrización debe dar detalles suficientes para permitir su construcción.<sup>22</sup>

#### **4.3.2. Pasos proceso de diseño**

- Identificación de la necesidad.
- Investigación preliminar.
- Planteamiento de objetivos.
- Especificaciones de desempeño.
- Ideación e invención.
- Análisis.
- Selección.
- Diseño detallado.
- Creación de prototipos y pruebas.
- Producción.

#### **4.4. Procedimiento**

Adaptando la metodología de diseño descrita anteriormente a las necesidades y requerimientos de este proyecto, se establecieron los siguientes pasos para el proceso de diseño del sistema de suspensión tanto delantero como trasero:

- Identificación de los parámetros básicos a cumplir en el diseño de la suspensión, teniendo en cuenta dimensiones básicas como lo son la batalla y trocha, así como el rango de peso en el que va a estar el vehículo.

---

<sup>22</sup> ROBERT L. NORTON, *Diseño de maquinaria, Cuarta ed.* Mexico DF, Mexico: McGraw Hill, 2004.

- Revisión de toda la documentación pertinente en la literatura actual para el diseño de sistemas de suspensión y que se está utilizando en la industria, así como las variables críticas a tener en cuenta en el diseño.
- Definición de las condiciones generales para el diseño en cuanto al tipo de material a utilizar, posibles procesos de fabricación, etc.
- Definición de los parámetros a cumplir por el sistema de suspensión, se tiene en cuenta lo estipulado por el reglamento de la competencia, además de los requerimientos de confort del piloto.
- Elaboración de diferentes propuestas de diseño y entre ellas se escogieron las 3 alternativas con mayor viabilidad en cuanto a la geometría básica del sistema de suspensión.
- Verificación de cada alternativa mediante un análisis de elementos finitos, para establecer su confiabilidad estructural.
- Revisión y análisis de las ventajas y/o desventajas de cada alternativa, luego con los datos obtenidos de los análisis se generó un nuevo diseño reuniendo lo mejor de cada alternativa, y se realizó nuevamente el análisis estructural definido para verificar la confiabilidad del diseño final.
- Elaboración el diseño detallado del sistema de suspensión.
- Construcción y ensamblaje del sistema de suspensión en el vehículo.

#### **4.5. Resultados Esperados**

Teniendo en cuenta que si sigue la metodología de este proyecto y se obtienen una solución satisfactoria del comportamiento dinámico del vehículo, se espera tener como respuesta los siguientes resultados:

- Ser una referencia para las demás escuderías de la competencia Fórmula SENA en cuanto a diseño y fabricación de vehículos de competencia.
- Tener un sistema mecánico seguro para el piloto y los demás competidores y evitar al máximo accidentes en la competencia.

- Un factor de seguridad en la suspensión confiable que permita que el sistema sea ligero y seguro para aprovechar al máximo la potencia del motor.

## **5. Marco Teórico**

### **5.1. Fundamentos Básicos**

El sistema de suspensión de un vehículo de competición tipo fórmula basado en el reglamento de la Fórmula SENA, se mueve en un campo muy pequeño en la dinámica del vehículo, es decir; los rangos y parámetros en los cuales la geometría de la suspensión puede modificarse son pocos<sup>23</sup>, esto es debido a que están limitados a las exigencias de la pista y del terreno en donde el vehículo se va a desempeñar, el cual va a ser un circuito urbano ubicado en los alrededores del parque simón bolívar en la ciudad de Bogotá D.C., pues el objetivo principal de este sistema es mantener la adherencia de los neumáticos al terreno en las más óptimas condiciones, absorber las irregularidades que el terreno pueda tener, además de distribuir las cargas y esfuerzos de forma que la estabilidad y maniobrabilidad del vehículo no sea afectada.

A continuación se darán a conocer los conceptos básicos que influyen en el sistema de suspensión de un vehículo.

#### **5.1.1 Track wide (ancho de vía).**

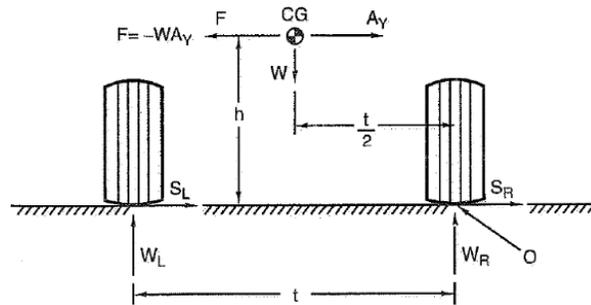
Se define como la distancia entre el eje central de la llanta derecha e izquierda, esta distancia es crítica en el momento en que el vehículo toma una curva, pues dependiendo de la longitud de este parámetro será la resistencia que el vehículo ofrezca al volcamiento producido por la fuerza inercial en el centro de gravedad y las fuerzas laterales presentadas en los neumáticos de las llantas<sup>24</sup>.

---

<sup>23</sup> GAFFNEY III, E. SALINAS, A. Introduction to Fórmula SAE Suspension and Frame Design. University of Missouri – Rolla.

<sup>24</sup> PUHN, FRED. HOW TO MAKE YOUR CAR HANDLE. LOS ANGELES, CA USA: HPBOOKS 1981.

FIGURA 1. Ancho de vía

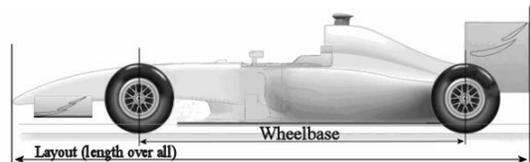


FUENTE: MILLIKEN, WILLIAM F. & MILLIKEN, DOUGLAS L. RACE CAR VEHICLE DYNAMICS, SAE INC., USA, 1995.

### 5.1.2 Wheelbase (batalla).

La batalla se conoce como la longitud entre los ejes de la llanta delantera y trasera (grafico 2), igualmente este parámetro influye en la transferencia de cargas en el vehículo pero lo hace de manera longitudinal. Este parámetro afecta principalmente en los fenómenos *anti-dive* y *anti-squat* que son el descenso y ascenso de la suspensión delantera respectivamente<sup>25</sup>.

Figura 2. batalla



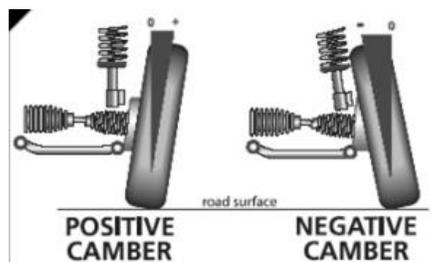
Fuente: fórmula 1 dictionary < [http://www.fórmula1-dictionary.net/wheel\\_base.html](http://www.fórmula1-dictionary.net/wheel_base.html) > [consultado 10 de sept. del 2015].

<sup>25</sup> GAFFNEY III, E. SALINAS, A. Introduction to Fórmula SAE Suspension and Frame Design. University of Missouri – Rolla

### 5.1.3 Camber

Es el ángulo formado entre el plano vertical de la llanta y el plano horizontal del terreno, se considera positivo si las llantas están inclinadas hacia afuera del vehículo y negativo si se encuentran inclinadas hacia adentro como se ilustra en el gráfico 3. Este parámetro debe poder ser modificado según la retroalimentación proveniente del piloto, esto se puede realizar mediante las rótulas o “uniballs” ubicadas en las tijeras de la suspensión.<sup>26</sup>

Figura 3. Camber



FUENTE: TÉCNICA FÓRMULA 1.

<[HTTPS://TECNICAF1.FILES.WORDPRESS.COM/2011/08/CAMBER\\_ANGLE.JPG?W=300&H=239](https://tecnicaf1.files.wordpress.com/2011/08/camber_angle.jpg?w=300&h=239)>. [CONSULTADO 10 DE SEPT. DEL 2015].

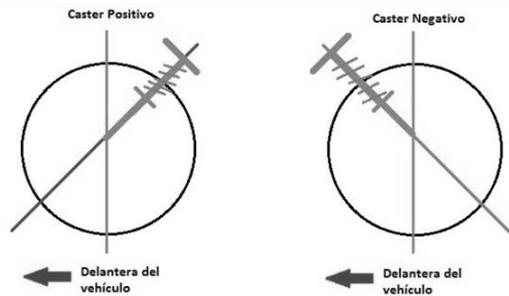
### 5.1.4 Caster

Como se puede ver en el gráfico 4, este ángulo es el que se encuentra entre el eje pivote de la dirección y el plano vertical observándolo desde la vista lateral, si el eje pivote está inclinado hacia atrás el caster es positivo, y negativo si el eje pivote está inclinado hacia adelante del eje vertical. En caso de coincidir el eje pivote de la dirección con el plano vertical se le conoce como caster neutral.<sup>27</sup>

Figura 4. Caster

<sup>26</sup>MILLIKEN, W. MILLIKEN, D. “RACE CAR VEHICLE DYNAMICS”. SAE PUBLICATIONS, WARRENDALE, PENNSYLVANIA.5

<sup>27</sup>JAZAR, R. Caster-Camber relationship in Vehicles. ASME 2009 International Mechanical Engineering Congress and Exposition. Volume 10: Mechanical Systems and Control, Parts A and B. Lake Buena Vista, Florida, USA



Fuente: autores del proyecto.

### 5.1.5. Toe Angle

También es llamado ángulo de convergencia, este ángulo se le aplica a los automóviles en reposo para que cuando estén en movimiento, ayude a disminuir las fuerzas que tienden a alterar este ángulo y mantengan las llantas lo más paralelas posibles esto se hace con el fin de que no se produzca un desgaste excesivo en las llantas. Se le denomina *toe in* (convergencia positiva) cuando la distancia entre la parte posterior de las llantas es mayor que la parte delantera de la misma vista desde la superior. Se conoce como *toe out* (convergencia negativa) cuando la distancia entre la parte posterior de las llantas es menor que la parte delantera de la misma vista desde la superior.<sup>28</sup>

### 5.1.6. Roll center

Se le denomina roll center, al punto en el cual las fuerzas laterales son transmitidas a la masa suspendida sin movimiento relativo en las tijeras.<sup>29</sup> Se traza una línea colineal a las tijeras tanto para el lado izquierdo como el derecho vista desde la parte trasera del carro, y el punto donde se intersece se le denomina roll center.

## 5.2. Tipos de Suspensión

En la industria existen dos grupos diferentes en la configuración del sistema de suspensión de un vehículo, como lo son la suspensión llamada dependiente y la independiente.

<sup>28</sup> SHIIBA, T. Evaluation of Tire and Suspension Characteristics with 6-DOF Motion Platform. ASME 2007 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. Volume 5: 6th International Conference on Multibody Systems, Nonlinear Dynamics, and Control Parts A, B, and C. Las Vegas, Nevada, USA.

<sup>29</sup> GILLESPIE, T. 1992, "Fundamentals of Vehicle Dynamics", SAE Publications, Warrendale, Pennsylvania.

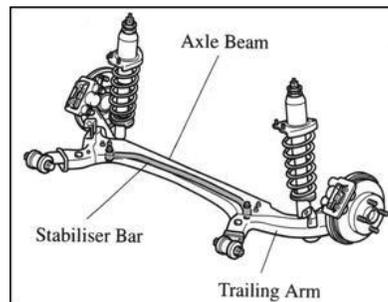
### 5.2.1 Suspensión dependiente.

Es aquella en donde la llanta izquierda y derecha están conectadas por una barra apoyada en sus dos extremos, la cual permite que cuando una llanta se mueve verticalmente la otra lo haga en la misma dirección pero con sentido contrario. En la suspensión dependiente encontramos los siguientes subgrupos<sup>30</sup>.

#### 5.2.1.1 Solid or Beam Axle.

Como se ve en la figura 5, el solid axle o eje rígido, consiste en una barra rígida que une lateralmente ambas llantas.

*Figura 5. Solid or beam axle*



*FUENTE: <[HTTP://WWW.AUTOSPEED.COM/CMS/ARTICLE.HTML?&A=112587](http://www.autospeed.com/cms/article.html?&a=112587)>. [CONSULTADO 10 DE SEPT. DEL 2015].*

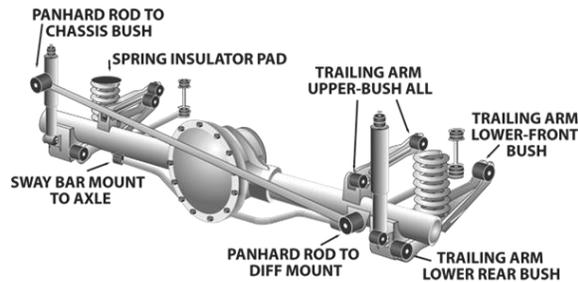
#### 5.2.1.2 Panhard Rod.

Como se puede observar en la figura 6, la barra *panhard*, consiste en una barra rígida que se mueve en el mismo plano que el eje que une a ambas llantas y se instala desde un extremo del eje, hasta el chasis o a la carrocería del vehículo en el lado opuesto, en cada extremo lleva un pivote que permite movimiento solo en el plano vertical. Tiene como

<sup>30</sup> BARRY, F. 2006, "Steering System and Suspension Design for a Formula SAE-ARacer", Queensland: University of Southern Queensland, Faculty of Engineering & Surveying.

función permitir que las llantas tengan únicamente movimiento vertical y no horizontal viéndolo desde la vista lateral.

Figura 6. Panhard rod

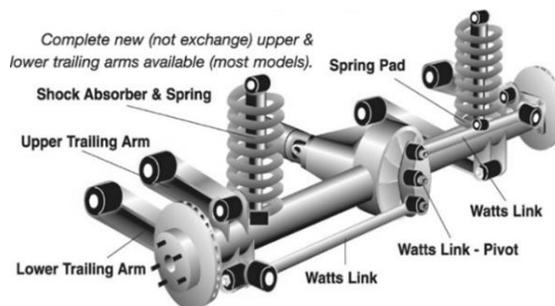


Fuente: <[http://www.superpropoly.de/images/suspension\\_diagrams/r01.png](http://www.superpropoly.de/images/suspension_diagrams/r01.png)>. [consultado 10 de sept. del 2015].

### 5.2.1.3 Watts Linkage

Se usa en las suspensiones de los automóviles, permitiendo que el eje se mueva verticalmente mientras previene que movimiento relativo hacia los lados. En comparación con la barra *panhard*, este sistema de suspensión permite regular mejor el movimiento vertical entre el eje y el chasis<sup>31</sup>.

Figura 7. Watts linkage



<sup>31</sup> ADAMS, HERB. "CHASSIS ENGINEERING". PRIMERA EDICIÓN. HP BOOKS, 1993.

Fuente: <<http://www.fordmods.com/gearbox-suspension-brake-driveline-f4/adjustable-panhard-rod-for-nf-fairlane-t94467.html>> [consultado 10 de sept. del 2015]

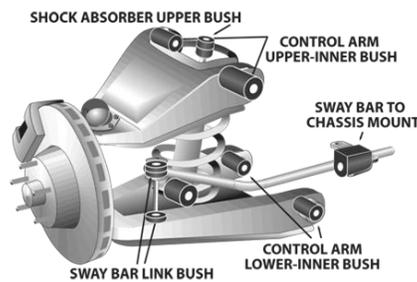
## 5.2.2 Suspensión independiente

Es aquella en donde la llanta izquierda y derecha no se encuentran interconectadas mediante algún elemento, en este tipo de suspensión cada llanta y su subsistema de amortiguación trabaja independientemente. En esta sección se encuentran los siguientes subgrupos<sup>32</sup>.

### 5.2.2.1 Double Wishbone or Four-Bar Link.

Como se ve en la figura 8, consiste en dos brazos en forma de la letra a, ocasionalmente se ponen paralelos, cada brazo tiene dos anclajes en el chasis y uno en el portamasas. Los amortiguadores se ponen encima de los brazos para controlar el movimiento vertical.

Figura 8. Double Wishbone or Four-Bar Link



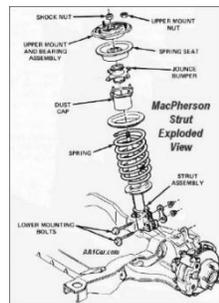
Fuente: <[http://www.superpropoly.de/images/suspension\\_diagrams/f01.png](http://www.superpropoly.de/images/suspension_diagrams/f01.png)>. [consultado 10 de sept. del 2015].

<sup>32</sup> BARRY, F. 2006, "Steering System and Suspension Design for a Formula SAE-ARacer", Queensland: University of Southern Queensland, Faculty of Engineering & Surveying.

### 5.2.2.2 Macpherson Strut

Este sistema solamente lleva un brazo o tijera, unido por un extremo al chasis mediante cojinetes elásticos, y por el otro extremo al portamasas o mangueta a través de una rótula, como se observa en la figura 9. La mangueta por su parte superior está unida al amortiguador vertical. Este está dotado de una plataforma en la cual se apoya el muelle que lo rodea y, por el extremo superior, se apoyan la carrocería en el conjunto muelle-amortiguador.<sup>33</sup>

Figura 9. Macpherson Strut



Fuente: <[http://www.aalcar.com/library/strut\\_suspensions.htm](http://www.aalcar.com/library/strut_suspensions.htm)>. [consultado 10 de sept. del 2015].

### 5.2.2.3 Multi-Link

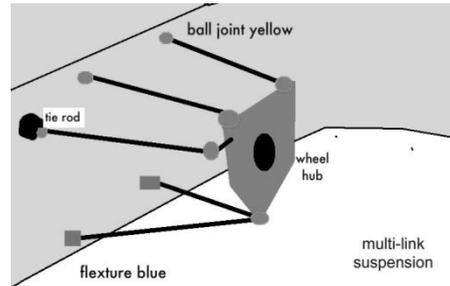
La suspensión *multi-link* posee tres ejes transversales y un eje longitudinal por llanta, en donde cada uno absorbe diferentes cargas, permitiendo configurar la dinámica de cada

---

<sup>33</sup> Ate up with motor. "the macpherson strut" [en línea]. fecha de consulta: 1 de marzo del 2016. disponible en: <<http://ateupwithmotor.com/terms-technology-definitions/macpherson-strut-history/view-all/>>.

llanta de forma independiente y alcanzando el máximo confort en cuanto a estabilidad direccional.<sup>34</sup>

*Figura 10. Multi-Link*



*Fuente: <<http://www.fltechnical.net/forum/viewtopic.php?f=6&t=10489&start=15>> [consultado 10 de sept. del 2015].*

### **5.3 Teorías de Falla**

La falla de un elemento se refiere a la pérdida de su funcionalidad, es decir cuando una pieza o una máquina dejan de ser útiles. Esta falta de funcionalidad se da por: rotura, distorsión permanente, degradación, etc.

La rotura o la degradación permanente se deben a que los esfuerzos soportados son mayores que la resistencia del material de fabricación.

Para poder determinar para qué cantidad de esfuerzo aplicado se producirá una falla, se utilizan algunas teorías de falla.

Todas las teorías de falla se determinan con base en la comparación del esfuerzo actuante contra el resultante aplicado en una prueba uniaxial de tensión o compresión. Algunas de las teorías de falla son:

---

<sup>34</sup> VOLKSWAGEN. MULTI-LINK SUSPENSION. Fecha de consulta: 22 de Julio del 2015. Disponible en <http://en.volkswagen.com/en/innovation-and-technology/technical-glossary/mehrlenker-hinterachse.html>

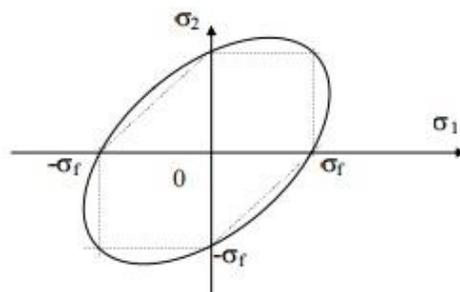
### 5.3.1 Tresca

La teoría del esfuerzo cortante máximo para materiales dúctiles estipula que la fluencia comienza cuando el esfuerzo cortante máximo de cualquier elemento iguala al esfuerzo cortante máximo en una pieza de ensayo a tensión del mismo material cuando esta pieza comienza a fluir, también conocida como la teoría de *tresca o guest*<sup>35</sup>. Como se puede ver en gráfico 5, la representación de esta teoría es una hexágono distorsionado, el cual está dentro de una elipse que representa la teoría de *Von Misses*.

### 5.3.2 Von Misses

También conocida como teoría de la máxima energía de distorsión para materiales dúctiles predice que la falla por fluencia ocurre cuando la energía de deformación total por unidad de volumen alcanza o excede la energía de deformación por unidad de volumen correspondiente a la resistencia a la fluencia en tensión o en compresión del mismo material.

Figura 11. Comparación de las teorías de falla de Tresca y Von Misses



Fuente: Universidad Nacional del Nordeste.

<[http://ing.unne.edu.ar/mecap/apuntes/estabilidad\\_2/cap04-falla.pdf](http://ing.unne.edu.ar/mecap/apuntes/estabilidad_2/cap04-falla.pdf)>. [consultado 10 de sept. del 2015].

<sup>35</sup> BUDYNAS, R. NISBETT J. "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley". Octava edición. Mcgraw-hill, 2008

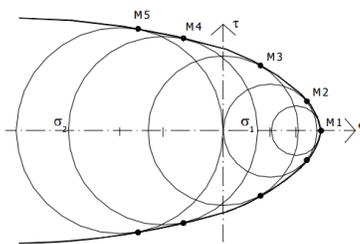
### 5.3.3 Esfuerzo Normal Máximo

Es conocida igualmente como la teoría de *Rankine*, es aquella en donde se espera que la falla ocurra cuando una de las tensiones principales alcance y/o supere la resistencia uniaxial del material. Esta teoría es utilizada frecuentemente en la predicción de fracturas en materiales frágiles.

### 5.3.4. Teoría de Mohr

“Los límites de fluencia y de rotura de un material quedan definidos por las tensiones que desarrollan en los planos de deslizamientos y fractura. La tensión tangencial en el plano de fractura o escurrimiento alcanza para el estado límite un valor máximo, que es función de la correspondiente tensión normal y de las características del material”. Se supone un punto sujeto a un determinado estado de tensión y hagamos crecer las tensiones principales  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$  hasta alcanzar la rotura si se trata de un material frágil, o el comienzo de la fluencia si es dúctil. Alcanzando el estado de rotura dibujemos la circunferencia de Mohr. Repitiendo el concepto para otros estados de tensión obtendremos toda una familia de circunferencias que corresponden a estados de rotura. La curva envolvente se denomina “*envolvente de Mohr o curva de resistencia intrínseca*”.

Figura 12. Circulo de Mohr con envolvente de Mohr o curva resistencia intrínseca



Fuente: Universidad Nacional del Nordeste.

<[http://ing.unne.edu.ar/mecap/apuntes/estabilidad\\_2/cap04-falla.pdf](http://ing.unne.edu.ar/mecap/apuntes/estabilidad_2/cap04-falla.pdf)>. [consultado 10 de sept. del 2015].

Dado un estado de tensión, el mismo será determinante de la rotura o fluencia si la circunferencia de *Mohr* corta la curva o es tangente a la misma<sup>36</sup>, debido a que en este punto el esfuerzo es mayor a la resistencia del material ocasionando a que este entre en el rango plástico de deformación y finalmente a la rotura.

## **6. Proceso de Diseño**

### **6.1 Condiciones generales para el diseño del sistema de suspensión**

Para definir las condiciones generales en el diseño, se tuvo en cuenta la experiencia dentro de la competencia por parte de la Escudería FORSSA Oriente, en donde se recomendó dimensiones que permitirían obtener una gran versatilidad y desempeño en pista del vehículo.

Se estipuló que el peso máximo estaría en 500 kg con todos los componentes ensamblados en el vehículo, igualmente se definió una batalla entre 1,7 m y 2 m con una trocha máxima de 1.8 m, esto con el fin de que el vehículo mantuviera óptimas condiciones para una maniobrabilidad estable sin importar el radio de la curva a tomar.

Igualmente en cuanto a los procesos de fabricación se utilizó soldadura TIG con material de aporte, debido a que presenta mayor resistencia a los esfuerzos y aplicada con la técnica correcta los esfuerzos residuales térmicos son mínimos, los cortes en tubería se realizaron con disco de corte y las uniones se moldearon con esmeril para un mejor acabado.

Las láminas de acero o duraluminio para la fabricación de los soportes y anclajes de la suspensión se cortaron mediante torno CNC para obtener un mejor acabado y precisión en la geometría de las piezas diseñadas.

---

<sup>36</sup> FACULTAD DE INGENIERIA. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE. Teorías de fallas o de comparación [en línea]. Fecha de consulta: 22 de Julio del 2015. Disponible en: [http://ing.unne.edu.ar/mecap/Apuntes/Estabilidad\\_2/Cap04-Falla.pdf](http://ing.unne.edu.ar/mecap/Apuntes/Estabilidad_2/Cap04-Falla.pdf)

## **6.2 Parámetros básicos a cumplir por el sistema de suspensión según reglamento de la competencia**

Teniendo como base el reglamento de la Fórmula SENA Eco, se establecieron unos parámetros iniciales para la construcción del sistema de suspensión, entre las cuales tenemos algunas, como son:

- La suspensión debe ser de doble tijera (brazo superior y brazo inferior).
- Todos los anclajes de las tijeras de suspensión deberán realizarse mediante esferas (rótulas).
- La altura mínima entre el suelo del vehículo y la pista es de 5 cm.
- El vehículo deberá presentar una suspensión que permita un movimiento relativo entre las ruedas y el chasis de mínimo una pulgada (25.4 mm).
- A partir de esos parámetros iniciales, se empezó el diseño del sistema de suspensión con una geometría sencilla buscando un vehículo con una batalla más corta en comparación al vehículo FORSSA 2015 para que tenga un mejor desempeño en las curvas.

## **6.3 Cálculo de parámetros iniciales para el diseño del sistema de suspensión**

A partir de la competencia realizada en el mes de agosto en la ciudad de Bogotá D.C. donde el vehículo 2015 tuvo algunas falencias en la prueba del slalom debido a que la batalla y trocha tanto trasera como delantera eran de gran magnitud sumado al tener un circuito reducido la versatilidad del vehículo disminuyó en gran parte, por ello para el vehículo 2016 se busca un diseño que tenga un ancho de vía más corto permitiendo obtener una mayor maniobrabilidad en curva.

Durante el diseño preliminar del sistema de suspensión se evaluaron las diferentes configuraciones de suspensión, finalmente se escogió la suspensión de doble brazo con

barra *push*, debido a que esta configuración es referente en los vehículos de alta competencia ya que permite trasladar la zona de influencia de las cargas producidas por la masa suspendida del vehículo a la ubicación de mayor conveniencia, además de que permite obtener un centro de gravedad más bajo en el vehículo.

Como propuesta de diseño de la suspensión se decidió colocar los amortiguadores por fuera del chasis para optimizar espacio ya que si se colocaban dentro del chasis no quedaría espacio suficiente para la cremallera, la pedalera y bomba de frenos, igualmente se realizó el cálculo geométrico del *roll center* que permitiera un mejor agarre y estabilidad de las llantas del vehículo en las curvas, aceleración y frenado.

Inicialmente se realizó el cálculo del centro de gravedad teórico del vehículo con ayuda del software *SolidWorks*, para esto se asignaron volúmenes que representan los componentes que se encuentran dentro del chasis, tales como kit eléctrico, sistema de freno, pedalera, piloto, cremallera de la dirección, etc. [Anexo A.1]

Al tener una estimación de la posición del centro de gravedad delantero y trasero podemos establecer la altura del *roll center* delantero y con dicha medida calcular el *roll center* trasero. Ya que para que el vehículo presente una buena maniobrabilidad los momentos producidos por las fuerzas laterales tanto en la parte delantera como en la parte trasera deben ser iguales.

Inicialmente se halla la distribución de cargas realizando el DCL estático del vehículo. [Anexo A.2]

Se realizó la sumatoria de fuerzas y momentos tanto en el eje X como en el eje Y, se obtienen las ecuaciones para obtener las cargas estáticas, con estas magnitudes se procedió a realizar el cálculo del porcentaje de distribución de cargas en el vehículo.

*Ecuación 1. Sumatoria de momento en la rueda delantera*

$$\sum_{F1} M = 0 = (500 * 9.81 * 1.48) - (F2 * 2.16) = 0$$

$$F2 = (500 * 9.81 * 1.48) / 2.16 = 3360.83 \text{ N}$$

*Ecuación 2. Sumatoria de fuerzas en el eje Y*

$$\sum F_y = 0 = F1 + F2 - W$$

$$F1 = W - F2 = (500 * 9.81) - 3360.83 = 1544.17 \text{ N}$$

Luego se estableció la situación crítica, en donde el vehículo toma una curva de 15.25 m de diámetro a 70 km/h, se tiene una masa estimada total de 500 Kg con una distribución de 31.5 % en la parte delantera y 68.5% en la parte trasera.

*Ecuación 3. Porcentaje de peso en las ruedas delanteras*

$$\% \text{ delantero} = \frac{F1}{W} * 100 = \frac{1544.17}{(500 * 9.81)} * 100 = 31.5\%$$

*Ecuación 4. Porcentaje de peso en las ruedas traseras*

$$\% \text{ trasero} = (1 - \% \text{ delantero}) * 100 = (1 - 0.315) * 100 = 68.5\%$$

La anterior situación genera una fuerza centrífuga de 24781,22 N.

Se estimó una altura del roll center delantero de 50 mm debido a que a esta altura el momento generado por las fuerzas laterales no genera gran torsión en el chasis afectando el confort del piloto en el vehículo.

Se realizó el cálculo de los momentos generados.

*Ecuación 5. Altura roll center trasero*

$$M_{Front} = h * Fcg = (0,197 m - 0,05 m) * 7806,08 N = 1147,49 Nm$$

$$M_{Front} = M_{Rear} = 1147,49 Nm = 16975,14 N * d$$

$$d = 0.068 m$$

$$h_{rear} = 0,155 m - 0.068 m = 0.087 m = 87 mm$$

Se realizó el cálculo gráfico del roll center para obtener los puntos de los anclajes en el chasis y en el portamasas utilizando el software *SolidWorks*, para ello se modelo mediante croquis los puntos de anclajes de la suspensión, la geometría básica del chasis, de las tijeras y de las llantas.

Para obtener el roll center se extrapola la línea que forman los puntos de anclaje de los brazos o tijeras de la suspensión, obteniendo dos líneas que se cruzaran en un punto, luego se traza una línea desde el centro de la llanta hasta el punto donde se cruzaron las dos líneas formadas anteriormente, se repiten los mismos pasos al otro lado del vehículo y el punto en donde se crucen las líneas que salen desde el centro de la llanta será la ubicación del roll center. [Anexo A.3]

Una vez obtenida la ubicación del roll center teórico, se verificó mediante la herramienta *web Vsusp* el comportamiento dinámico del roll center y el centro instantáneo de rotación, se obtuvo buena respuesta del roll center frente al movimiento del chasis y de las llantas

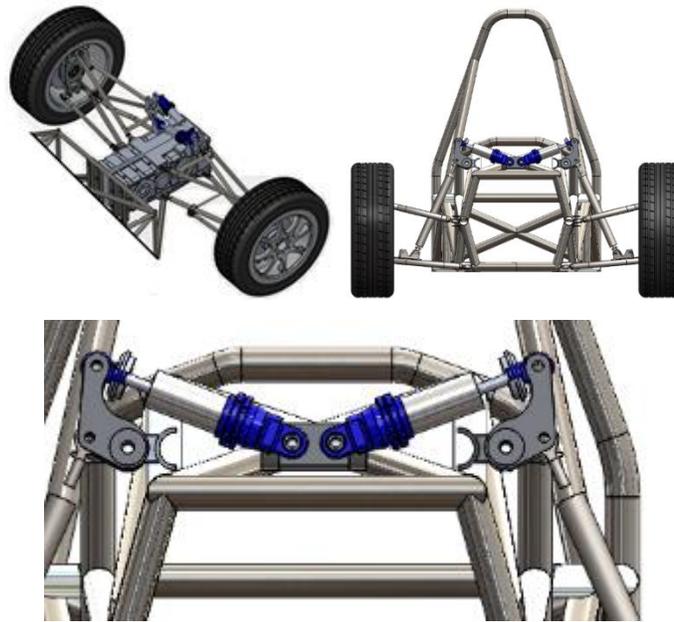
puesto que presento poca variación en su altura permitiendo mantener la maniobrabilidad del vehículo.[Anexo A.4]

#### **6.4 Evaluación de Alternativas**

Se diseñaron 3 alternativas del sistema de suspensión y se analizó las ventajas y desventajas de cada una de ellas, para así obtener una geometría que cumpliera con los requerimientos iniciales del reglamento de la competencia, ensamblaje sin interferencia con los demás sistemas del vehículo y el buen comportamiento dinámico de este.

En la alternativa #1 se tenía previsto la geometría de suspensión mostrada en la figura 13, se identificaron problemas en cuanto a la posición de los amortiguadores que podrían afectar la visibilidad del piloto, además al situar el sistema de suspensión en la ubicación mostrada con los amortiguadores sobre el chasis en la parte frontal, el diseño de la carrocería se vería afectado dañando la estética y aerodinámica del vehículo, característica en la cual la Escudería FORSSA Oriente Eco se ha destacado, en cuanto a las ventajas se tiene que los elementos de la suspensión como lo son el *rocker*, la barra *push* y el amortiguador se mantienen en el mismo plano en todo el recorrido de esta, igualmente se optimiza el espacio al interior del vehículo al ubicar los amortiguadores fuera del chasis.

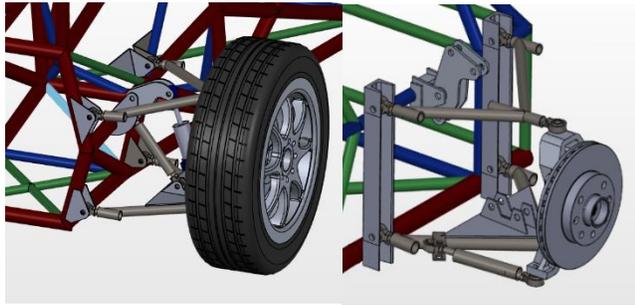
*Figura 13. Alternativa #1 Diseño de Suspensión*



*Fuente: Autores del proyecto.*

En la alternativa #2 mostrada en la figura 14, se mantiene la ventaja de mantener los elementos de la suspensión en el mismo plano de funcionamiento permitiendo que las cargas se mantengan en la dirección deseada sin generar momentos torsores y/o flectores indeseados, en la parte trasera se plateo un riel que permitía anclar la suspensión en diferentes puntos cambiando el comportamiento dinámico a gusto, en cuanto a desventajas del diseño se tuvo que el roll center estipulado estaba ubicado muy cercano al plano del terrero, ocasionando que el vehículo tuviera la tendencia a oscilar verticalmente volviéndolo inestable, lo cual repercute en la seguridad del piloto.

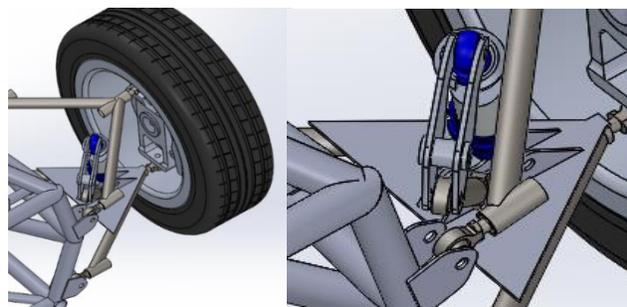
*Figura 14. Alternativa #2 Diseño de Suspensión*



*Fuente: Autores del proyecto.*

En la alternativa #3 que se muestra en la figura 15, se planteó cambiar el plano de funcionamiento de los elementos de la suspensión como el *rocker*, *push* y amortiguador, para permitir un anclaje en el chasis más simple y con menor peso, igualmente se subió el roll center para minimizar el efecto oscilatorio vertical. Como desventajas se observó que al iniciar el recorrido de la suspensión, cambiaba de plano de acción el *rocker* y la *push* debido a la inclinación inicial del plano de funcionamiento ocasionando cargas en direcciones indeseadas.

*Figura 15. Alternativa #3 Diseño de Suspensión*



*Fuente: Autores del proyecto.*

## 6.5 Diseño Final de la Suspensión del Vehículo

Se analizaron las ventajas y desventajas de las 3 alternativas propuestas en el apartado anterior, escogiendo las mejores características de cada diseño y de esta forma se planteó el diseño final del sistema de suspensión del vehículo.

Como se mencionó en el análisis de una de las alternativas fue necesario subir la posición vertical del roll center, a continuación se presentan los cálculos pertinentes.

Se sube la altura del roll center delantero a 70 mm sobre el plano del terreno y con esta magnitud se calcula la altura del roll center trasero.

*Ecuación 6. Altura roll center trasero final*

$$M_{Front} = h * Fcg = (0,197 m - 0,10 m) * 7806,08 N = 757,19 Nm$$

$$M_{Front} = M_{Rear} = 757,19 Nm = 16975,14 N * d$$

$$d = 0.045 m$$

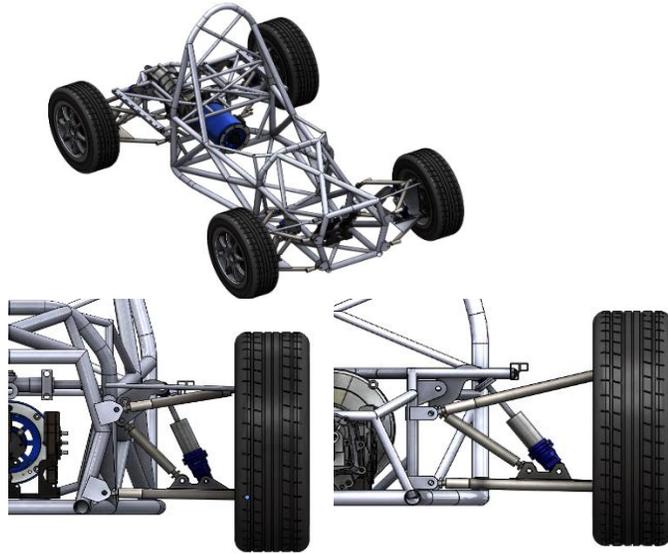
$$h_{rear} = 0,155 m - 0.045 m = 0.11 m = 110 mm$$

Nuevamente es necesario realizar el cálculo gráfico del roll center para obtener los puntos de anclaje en el chasis, [Anexo A.6], obtenidos los puntos de anclaje se realizó el diseño final de la suspensión.

Manteniendo el *rocker*, barra *push* y amortiguador en el mismo plano de acción al accionar la suspensión, se diseñaron los anclajes de manera sencilla para facilitar su construcción y eliminar peso de material innecesario.

El diseño final se muestra en la figura 16.

*Figura 16. Diseño final del sistema de suspensión*



*Fuente: Autores del proyecto.*

En el diseño final se estableció una batalla de 1.80 metros permitiendo versatilidad al tomar una curva independiente de su radio, igualmente la trocha delantera se fija en 1.50 metros y la trocha trasera se establece en 1.60 metros lo cual da una relación óptima para la estabilidad del vehículo.

## **6.6 Análisis por Elementos Finitos del Diseño Final**

Luego de definir la geometría final del sistema de suspensión, se procedió a realizar el análisis por elementos finitos de las piezas diseñadas. Como criterio de diseño se estableció que las cargas estáticas presentes en el vehículo se multiplicarían por 5 gravedades,

situación que simularía los esfuerzos máximos a los que se encontraría expuesto el vehículo en una competencia en la vida real.

Se realizó el análisis preliminar de la suspensión, siendo la tijera inferior la más crítica para el sistema de suspensión, pues en ella es donde se ubicaron los soportes para la barra push y el amortiguador recibiendo la mayor parte de la carga.

Se planteó como situación crítica que el vehículo sobrepasara un bache con una altura de 10 cm y un Angulo de inclinación de 20°, a una velocidad de 42 km/h.

*Ecuación 7. Vector de aceleración en el eje Y*

$$V_x = 42 \text{ km/h} = 11.68 \text{ m/s}$$

$$V_y = V_x * \text{Tan} (20) = 3.13 \text{ m/s}$$

$$a_y = \frac{V_y^2}{2 * h} = 49.05 \text{ m/s}^2$$

<b>Young's Modulus</b> MPa	<b>Poisson's Ratio</b>	<b>Bulk Modulus</b> MPa	<b>Shear Modulus</b> MPa
205000	0,29	1,49E <sup>+05</sup>	80709
<b>Tensile Yield Strength</b> MPa	<b>Compressive Yield Strength</b> MPa	<b>Densidad</b>	
460	460	7,87e-006 kg mm <sup>-3</sup>	

Teniendo la aceleración y la distribución de pesos obtenida con el cálculo teórico del centro de gravedad obtenemos la carga crítica para cada llanta, en el caso de la llanta delantera tenemos que:

Ecuación 8. Cargas críticas para las llantas del vehículo

$$F_{Llanta\ delantera} = m_{total} * \frac{0.315}{2} * a_y = 3862.69\ N$$

$$F_{Llanta\ trasera} = m_{total} * \frac{0.685}{2} * a_y = 8399.81\ N$$

Una vez obtenida la carga se procede a realizar el análisis por el método de elementos finitos de las piezas diseñadas, se va a utilizar para los soportes acero estructural AISI 1020 laminado y para las tijeras acero AISI 4130.

Tabla 1. Acero AISI 1020

<b>Young's Modulus MPa</b>	<b>Poisson's Ratio</b>	<b>Bulk Modulus MPa</b>	<b>Shear Modulus MPa</b>
205000	0,29	1,627E+11	79459
<b><i>Tensile Yield Strength MPa</i></b>	<b><i>Compressive Yield Strength MPa</i></b>	<b>Densidad</b>	
380	380	7,87e-006 kg mm <sup>-3</sup>	

Fuente: Librería de materiales Ansys.

Tabla 2. Acero AISI 4130

<b>Young's Modulus MPa</b>	<b>Poisson's Ratio</b>	<b>Bulk Modulus MPa</b>	<b>Shear Modulus MPa</b>
205000	0,29	1,49E <sup>+05</sup>	80709

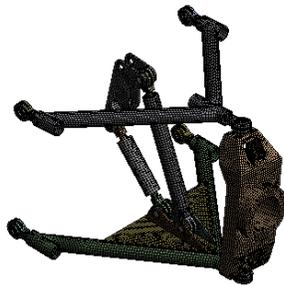
<b>Tensile Yield Strength MPa</b>	<b>Compressive Yield Strength MPa</b>	<b>Densidad</b>
460	460	7,87e-006 kg mm <sup>-3</sup>

*Fuente: Librería de materiales Ansys.*

Para el método de elementos finitos inicialmente se modelaron las geometrías en superficies para minimizar el gasto computacional, optimizar la precisión y confiabilidad de los análisis.

Se generó el mallado como se muestra en la figura 17 y se realizó un refinamiento de malla hasta que los resultados obtenidos no tuvieran una variación mayor al 5% con el fin de obtener datos con mayor precisión.

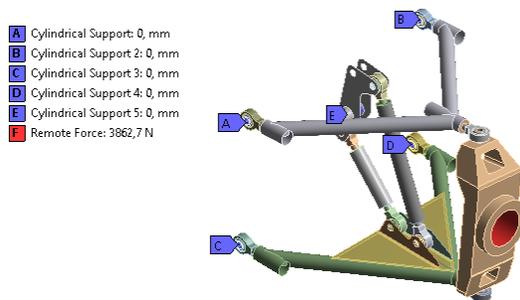
*Figura 17. Geometría y mallado modelo suspensión delantera*



*Fuente: Autores del proyecto.*

Luego se definieron los parámetros de contorno del modelo, en esta etapa del análisis se anexa al modelo numérico todas las cargas y soportes que estarán presentes en el funcionamiento de la suspensión, tal y como se muestra en la figura 18.

*Figura 18. Definición parámetros de contorno análisis Suspensión delantera*



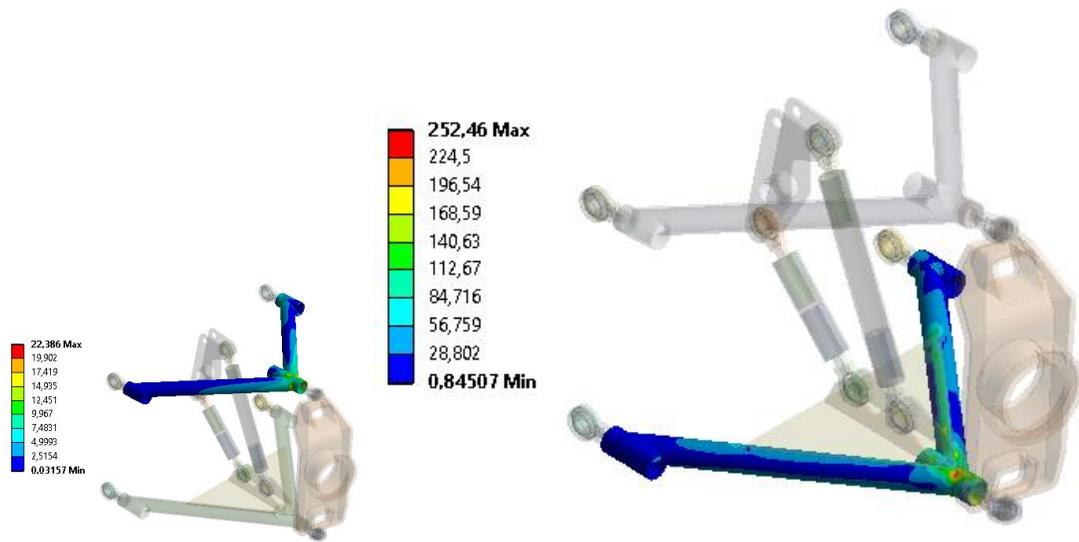
*Fuente: Autores del proyecto.*

Una vez establecido correctamente los parámetros de contorno del análisis se procedió a resolver el problema numérico generado en el Software de simulación CAE.

Al obtener los resultados del análisis *FEM* en *Ansys*, se inició el post proceso en el cual consiste en analizar los resultados arrojados por el software, comprobar si las tendencias de movimiento de cada pieza están cercanas a la realidad, de igual forma si en el modelo se generaron singularidades matemáticas.

Como se puede observar en la figura 19, se muestra el esfuerzo equivalente de *Von-Misses* para el brazo superior e inferior de la suspensión.

*Figura 19. Esfuerzo equivalente de Von-Misses de las tijeras delanteras*



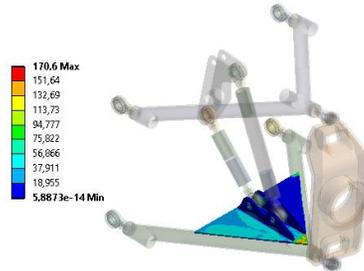
*Fuente: Autores del proyecto.*

Al observar los resultados se concluyó que la tijera inferior es la más crítica, debido a que en ella se encuentra localizado el soporte de la barra *push* y el amortiguador, ocasionando restricción al movimiento de la pieza y generando las cargas típicas dentro del sistema de suspensión, en cuanto a la tijera superior cumple la función de sostener en posición el conjunto de la llanta y de la suspensión.

Igualmente se observó que el material presenta el comportamiento deseado frente a la situación de impacto pues el esfuerzo máximo no sobrepasa el esfuerzo de fluencia del material, manteniéndose en el rango elástico.

Continuando con el análisis de los resultados podemos observar en la figura 20 el esfuerzo soportado por el soporte ubicado en la tijera inferior, en donde se evidencia que la zona crítica es donde se apoya el amortiguador.

Figura 20. Esfuerzo equivalente de Von-Misses del soporte de la barra push y amortiguador delantero

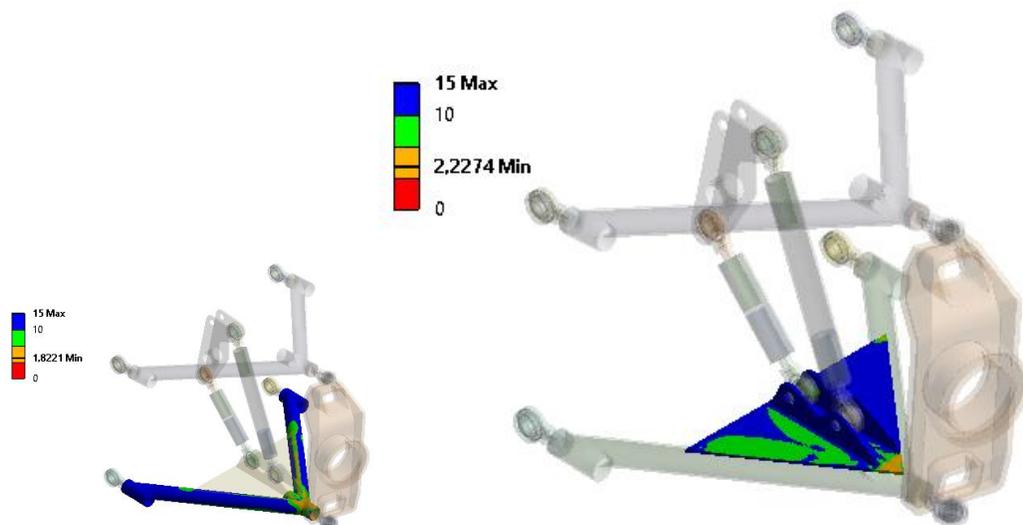


Fuente: Autores del proyecto

Al igual que en la tijera inferior, los esfuerzos presentes en el soporte están por debajo del esfuerzo de fluencia, permitiendo dar mayor seguridad y confiabilidad en el sistema de suspensión.

Obtenida la distribución de esfuerzos de las piezas críticas del sistema de suspensión delantero se obtuvieron los resultados para el factor de seguridad.

Figura 21. Factor de seguridad piezas críticas del sistema de suspensión delantero

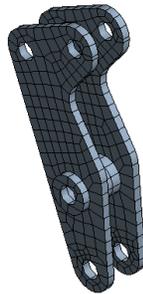


*Fuente: Autores del proyecto.*

Luego se realizó el análisis de las últimas piezas del sistema de suspensión como lo son el *rocker*, el soporte del *rocker* y el portamasas.

Siguiendo la misma metodología en el mallado, análisis y postproceso se inició con la preparación del modelo para el *rocker* o balancín como se muestra en la figura 22.

*Figura 22. Geometría y mallado rocker*



*Fuente: Autores del proyecto.*

Igualmente se definen los parámetros de contorno del *rocker*, tomando como base las cargas y reacciones obtenidas en el primer análisis con los brazos de la suspensión, estos parámetros se muestran en la figura 23.

*Figura 23. Definición parámetros de contorno rocker delantero*

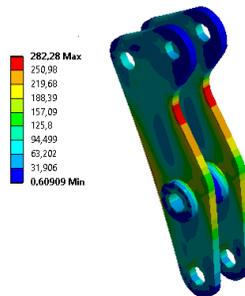


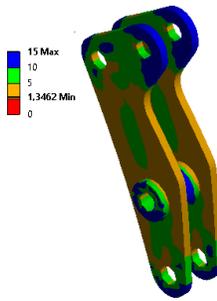
*Fuente: autores del proyecto.*

Finalmente se obtiene el esfuerzo soportado por esta pieza, en la figura 24 podemos observar que la zona Crítica es el redondeo del *rocker*.

Se puede observar que el factor de seguridad del *rocker* es alto, se analiza la posibilidad de reducir el área con el fin de reducir peso del *rocker* pero la ganancia es muy poca por ello se decide mantener la geometría original, en cuanto a la distribución de esfuerzos en la geometría se observó que la zona crítica está en el redondeo que se generó para que la pieza no interfiriera con el amortiguador al desplazarse, generando un concentrador en la geometría. Debido a que el radio del redondeo es grande los esfuerzos no se elevaron en gran magnitud.

*Figura 24. Esfuerzo equivalente de Von-Misses y factor de seguridad del rocker*

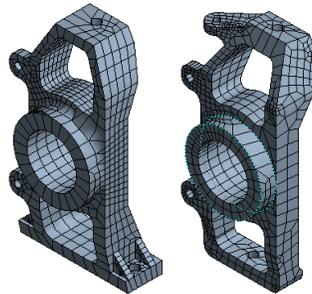




*Fuente: autores del proyecto.*

Finalmente se realizó el respectivo mallado y definición de parámetros de contorno de los portamasas, que son los encargados de mantener el conjunto de la suspensión unida. En la figura 25 y figura 26 se muestra el mallado y parámetros de contorno.

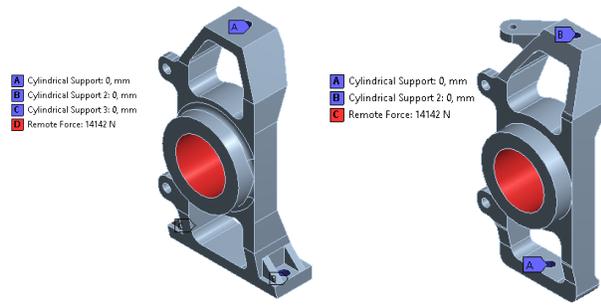
*Figura 25. Geometría y mallado del portamasas trasero y delantero*



*Fuente: autores del proyecto.*

Para definir los parámetros de contorno es necesario tener en cuenta los puntos de anclaje de los portamasas a la suspensión, definiéndolos como un soporte cilíndrico sin desplazamiento axial, esto simula matemáticamente la unión de los *uniballs* en la suspensión.

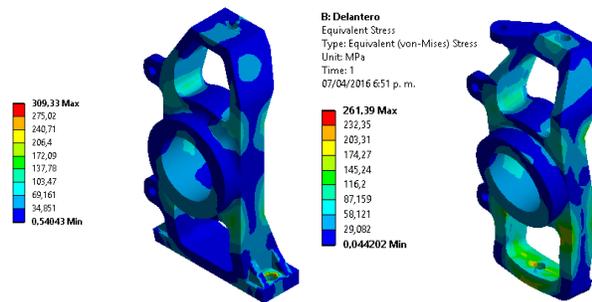
*Figura 26. Definición parámetros de contorno portamasas*



*Fuente: autores del proyecto.*

Una vez definido el análisis del portamasas se obtuvo el esfuerzo equivalente de *Von-Misses* en la figura 27.

*Figura 27. Esfuerzo equivalente de Von-Misses de los portamasas*



*Fuente: autores del proyecto.*

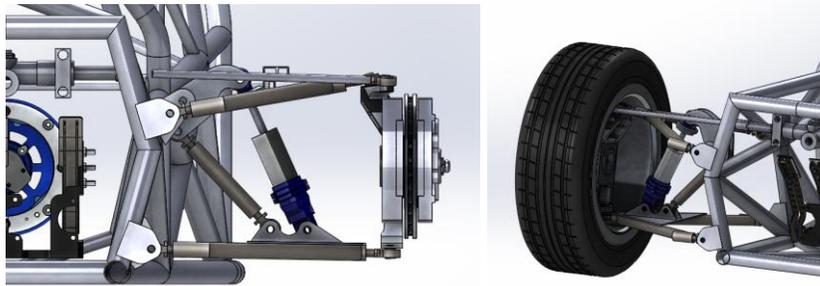
Se obtuvieron los esfuerzos de *Von-Misses* en los dos portamasas, en ambos casos este esfuerzo es menor al esfuerzo de fluencia manteniéndose en el rango elástico del material, situación deseada en vehículos de competencia debido a que cualquier deformación en el material afecta en gran magnitud el comportamiento del vehículo.

## 7. Diseño de Detalle

La propuesta seleccionada tiene los amortiguadores y las barras *push* apoyados en la tijera inferior, estos elementos van unidos al *rocker* o balancín permitiendo la amortiguación del

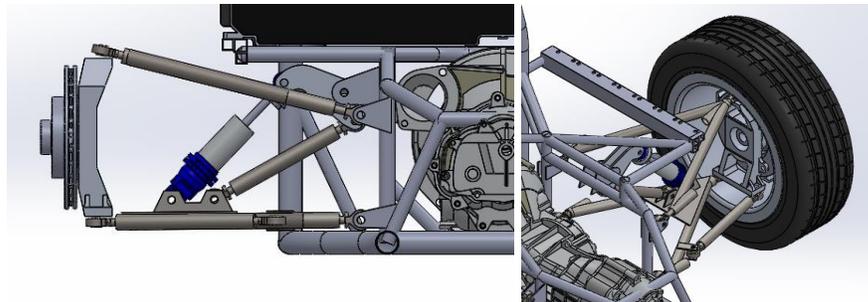
vehículo. Se eligió esta propuesta con el fin de maximizar el aprovechamiento del espacio disponible en el vehículo, permitiendo ubicar el sistema de frenos y dirección por dentro del chasis, dejando espacio suficiente para su fácil acceso y manipulación.

*Figura 28. Ensamblaje suspensión delantera*



*Fuente: Autores del proyecto.*

*Figura 29. Ensamble de la suspensión trasera*



*Fuente: Autores del proyecto.*

El diseño de la suspensión se realizó simétricamente, es decir, todos los elementos que componen el sistema de parte izquierda del vehículo son idénticos a los de la parte derecha. Los planos de fabricación de las piezas que componen la suspensión se encuentran en el apartado B de los anexos.

La suspensión delantera se compone:

- Porta masas o porta mangueta

Para el diseño de este elemento se tuvo en cuenta los puntos de anclaje de los brazos de la suspensión, mordaza y soporte de la barra de dirección, buscando un diseño confiable y del menor peso posible. La geometría final se puede observar en la figura 30.

*Figura 30. Porta masas Delantero Izquierdo*



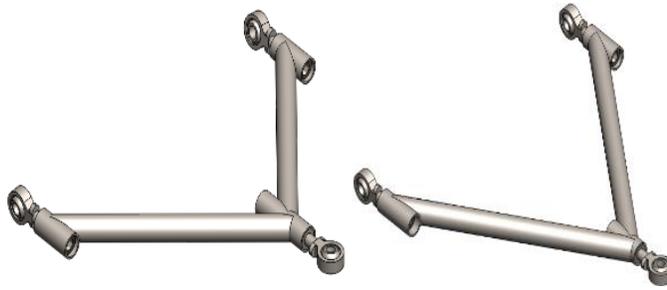
*Fuente: Autores del proyecto.*

- Brazos o tijeras.

Para el diseño de este elemento se tuvo en cuenta la magnitud de la trocha estipulada, igualmente las uniones de los tubos para una fácil fabricación y ensamblaje como se observa en la figura 31.

Los brazos llevaran en sus puntos de anclaje *uniball* de 0.5” de diámetro del agujero de sujeción, esto con el fin que el soporte sea sólido y acorde a los requerimientos de diseño del sistema.

*Figura 31. Tijera superior e inferior delantera*



*Fuente: Autores del proyecto.*

- Balancín o rocker.

En el diseño del balancín se tuvo en cuenta la relación de desplazamiento entre la compresión del amortiguador y el movimiento vertical de la llanta, permitiendo obtener el análisis dinámico de la suspensión de una manera sencilla. Igualmente se realiza el diseño para que la carga transmitida al amortiguador sea menor de la que realmente se ejerce, mediante el manejo de distancias entre el punto de rotación del balancín y los puntos de anclaje al amortiguador y la barra *push*.

En el punto de rotación irá ubicado un buje de cobre que permita el movimiento con fricción mínima, el diseño final se puede observar en la figura 32.

*Figura 32. Balancín o rocker*



*Fuente: Autores del proyecto.*

- Barra Push

La barra *push* mostrada en la figura 33, cumple la función de transmitir la carga que viene desde el brazo inferior hacia el balancín o *rocker*, y este a su vez transmitirá dicha carga al amortiguador. En cuanto al diseño se cumple con la distancia requerida para obtener la altura fijada del vehículo e igualmente se utilizó *uniball* de 0.5” de diámetro.

*Figura 33. Barra push delantera*

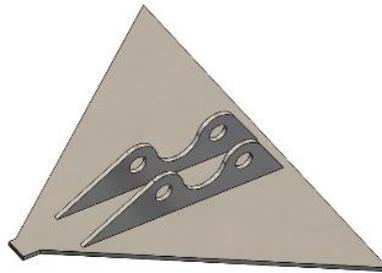


*Fuente: Autores del proyecto.*

- Soporte del amortiguador y barra *push*

El diseño de este elemento se basó en generar un soporte lo más liviano posible y capaz de resistir las cargas transmitidas por el brazo inferior de la suspensión, geoméricamente fue necesario generar una placa base de gran tamaño debido a su posición en el ensamblaje como se puede observar en la figura 34.

*Figura 34. Soporte amortiguador y barra push*

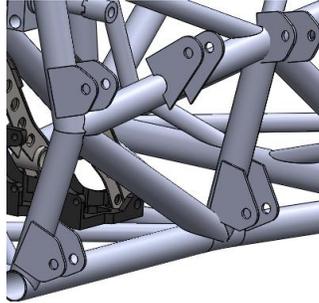


*Fuente: Autores del proyecto.*

- Anclajes de la suspensión delantera

Igualmente que en el diseño del soporte anterior, el criterio de diseño en cuanto a los anclajes fue de obtener una pieza liviana y resistente, simplificando su construcción y por lo tanto ensamblaje en el sistema de suspensión, como se puede observar en la figura 35.

*Figura 35. Anclajes de la suspensión*



*Fuente: Autores del proyecto.*

- Amortiguador

Se utilizaron los amortiguadores entregados por la dirección general los cuales tienen las siguientes características: Marca *SPA Dynamometers*, tienen una carga máxima de 647 Lbs a una frecuencia de trabajo de 2,57 Hz con velocidades hasta de 9.73 in/s, con un desplazamiento máximo de 1,5 in. Las constante de rigidez del espiral es de 400 lb/in y la constante de amortiguamiento es de 450 lb\*s/in.

*Figura 36. Amortiguador SPA Dynamometers*



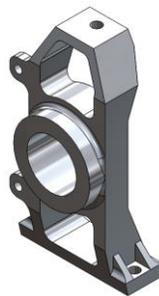
*Fuente: Autores del proyecto.*

En la suspensión trasera se mantiene el mismo estilo, pero cambia la geometría de los brazos o tijeras, el porta masas, y los anclajes.

- Porta mangueta o portamasas

A diferencia del portamasas delantero, este tiene dos anclajes en la parte inferior con el fin de bloquear la rotación de la llanta.

*Figura 37. Portamasas trasero*



*Fuente: Autores del proyecto.*

- Brazos o tijeras

Al igual que en el diseño de las tijeras delanteras, estos brazos llevan en sus puntos de anclajes *uniball* de 0.5", con la excepción de que en las tijeras inferiores traseras lleva una barra que ayuda a bloquear la rotación de la llanta.

*Figura 38. Brazos o tijeras traseras*

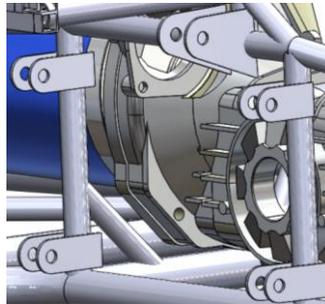


*Fuente: Autores del proyecto.*

- Anclajes de la suspensión trasera

Para facilitar el diseño y el ensamblaje de estos anclajes, se buscó que fueron lo más simplificado posible pero que resistieran las cargas a las cuales son sometidas.

*Figura 39. Anclajes de la suspensión trasera.*



*Fuente: Autores del proyecto.*

En la tabla 3 se podrá conocer la cantidad de material y elementos necesarios para la construcción de sistema de suspensión diseñado.

*Tabla 3. Lista de materiales para la construcción sistema de suspensión*

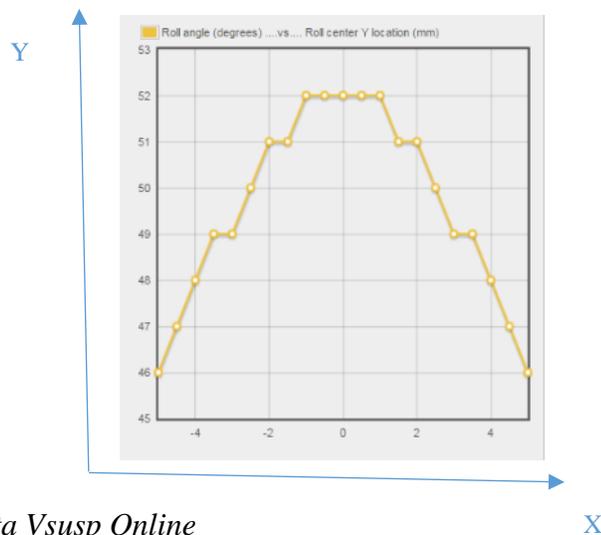
ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS	CANTIDAD
Tubería de acero	1" de diámetro aisi 4130 de espesor 0.083"	8 mts
Tornillería #1	1/2" de diámetro grado 8 sae de 2" de longitud	36 unidades

Tornillería #2	8 mm de diámetro grado 8 sae de 40 mm de longitud	10 unidades
Lámina acero	Acero 1020 de espesor 1/8"	Lámina 100cm x 100cm
Tuercas #1	1/2" de diámetro rosca ordinaria	36 unidades
Tuercas #2	8 mm de diámetro rosca ordinaria	10 unidades
Arandelas #1	1/2" de diámetro	72 unidades
Arandelas #2	8 mm de diámetro	20 unidades
<i>Uniball</i>	1/2" de diámetro del agujero	36

*Fuente: Autores del proyecto.*

Se puede observar en la figura 40 la posición del *roll center* vs el *roll* del chasis, en los vehículos de competencia se espera que la variación de la altura del roll center sea la menor posible en el momento de tomar una curva o enfrentar cualquier situación en donde se presente un giro del chasis sobre su eje o lo que se conoce como el roll del chasis, mediante la herramienta *Vsusp* se puede observar esta variación con gran precisión de cálculo, para el diseño de la suspensión, teniendo que la variación en la altura del roll center es de 1 mm para un roll del chasis de 2 grados tanto positivos como negativos, se considere una variación muy pequeña al tener un roll del chasis tan grande, pues según recomendaciones en la auditoría realizada por la empresa C2R en competencia 2 grados es el máximo giro del chasis que se puede obtener.

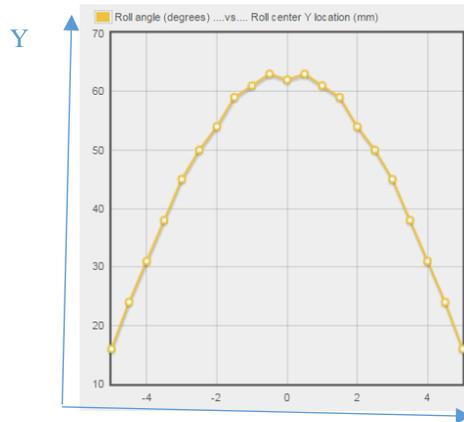
Figura 40. Posición Roll center delantero (eje Y) vs Roll del chasis (eje X)



Fuente: Herramienta Vsusp Online

En el caso del *roll center* trasero se observa en la figura 41, que la variación es mayor, esto se debe a que en la parte trasera está presente la mayor parte del peso del vehículo, generando mayor variación en el centro de gravedad instantáneo y por lo tanto afectó en mayor magnitud la dinámica del vehículo.

Figura 41. Posición Roll center Trasero (eje Y) vs Roll del chasis (eje X)



Fuente: Fuente: Herramienta Vsusp Online

## 8. Fabricación del Sistema de Suspensión

Una vez se generaron los planos de construcción del sistema de suspensión, se inició la fabricación de este.

En cuanto a los brazos o tijeras de la suspensión los planos se realizaron a escala  $\times$  para permitir al soldador generar con mayor facilidad la matriz de soldadura, se le conoce como matriz a colocar guías y puntos de referencia en la mesa de trabajo que permite asegurar que al soldar los tubos estos no se desplacen debido a la dilatación térmica.

Una vez se colocó las guías de la matriz se procede a realizar los cortes necesarios de los tubos o boca de pescado, procedimiento mostrado en la figura 42.

*Figura 42. Cortes de la boca de pescado*



*Fuente: Autores del proyecto.*

Se armó el brazo o tijera y se puntea para dejar los tubos en posición, luego se presentaron sobre el plano para verificar que las dimensiones están correctas, como se muestra en la figura 43.

*Figura 43. Presentación de la tijera sobre el plano de fabricación*



*Fuente: Autores del proyecto.*

Finalmente se terminó de soldar los brazos o tijeras de la suspensión, el material de aporte para la soldadura de tubos al cromo-molibdeno es el mostrado en la figura 44.

*Figura 44. Material de aporte soldadura TIG*



*Fuente: Autores del proyecto.*

Una vez se obtuvo el marco de las tijeras se procedió a soldar los bujes de acero en cada punta de la geometría que permiten ubicar los *uniball* de las tijeras, para la fabricación de estos bujes se cortó una matriz de barra de acero estructural y se perforo el agujero interno, luego por medio de un machuelo se generó la rosca interna en la cual se ensambla el *uniball*.

Para los anclajes, soporte del amortiguador y el *rocker* o balancín, se manejó la igualmente impresión de planos a escala 1:1 para facilitar su fabricación, en este caso se calco la geometría de los planos en plantillas de cartón, para luego cortar la lámina de acero siguiendo dicha guía, el corte se realizó por oxicorte y se dio un mejor acabado con disco de pulir, los agujeros se taladraron con el diámetro correspondiente a los planos.

*Figura 45. Corte de la lámina para los anclajes de la suspensión*



*Fuente: Autores del proyecto.*

En cuanto a los portamasas la fabricación se realizó en torno CNC, iniciando con un bloque macizo de dura-aluminio y se mecanizo siguiendo la geometría presente en el plano de fabricación además de la guía en 3D en formato *igs*.

## **9. Metodología de Prueba del Sistema de Suspensión**

La metodología de prueba planteada en este proyecto se comprobara utilizando el vehículo FORSSA Eco 2015, debido a que como se mencionó anteriormente la fecha programada de la competencia cambio por decisión del grupo logístico del Sena en conjunto con la empresa C2R.

Una vez fabricada la suspensión e instalada en el vehículo siguiendo las instrucciones dadas por el grupo de diseño, se plantearon dos tipos de prueba: estática y dinámica, se contó con equipos de adquisición de datos, con el fin de realizar mediciones en condiciones de uso reales a través del sistema de telemetría se podrá recolectar los datos segundo a segundo, por lo tanto se pudo realizar el monitoreo de la deformación de los amortiguadores.

1. Se carga el vehículo con el peso final de funcionamiento y se tomarán las medidas correspondientes a la altura del vehículo. Esto permitirá tomar la decisión sobre el ajuste milimétrico de cada uno de los elementos de la suspensión.
2. Se realiza la alineación de las llantas que permita verificar el paralelismo total del vehículo, debido a que las ruedas traseras seguirán la senda de las delanteras y el vehículo no rodará de medio lado, permitiendo conocer los ángulos de las llantas (*caster, camber, convergencia o toe*) garantizando el mejor desempeño del vehículo.
3. Se conduce el vehículo en línea recta hasta alcanzar una velocidad constante y un frenado súbito después de recorrer 100 metros, se podrá capturar datos de la compresión de cada uno de los amortiguadores para posteriormente compararlos y verificar la estabilidad en recta.
4. Se conduce el vehículo dentro de un circuito de *slalom* y mantenida en curva, capturando los datos de compresión de los amortiguadores.
5. Si se presentan variaciones muy altas entre los datos de compresión de los amortiguadores, se deberá corregir la rigidez de cada amortiguador hasta lograr la debida estabilidad.

### **9.1 Comprobación de la Metodología de Prueba**

Utilizando el vehículo FORSSA Eco 2015 se seguirá el paso a paso descrito anteriormente, proporcionando evidencias fotográficas que permitan un fácil entendimiento del procedimiento, el procedimiento se realizó junto con el equipo de la escudería. En el primer ítem donde se carga el vehículo con el peso de funcionamiento al no contar con los elementos ensamblados en el vehículo o pesas de carga que permitieran llegar al peso indicado, se ubicaron 3 integrantes del equipo de trabajo de la escudería como se muestra en la figura 42 y se tomaron la medida de la altura del vehículo.

*Figura 46. Simulación de carga estática en el vehículo*



*Fuente: Autores del proyecto.*

Al tomar la medida de la altura se halló que se encontraba en 12 cm, magnitud deseada por la escudería.

Luego se cumplió con el segundo ítem al alinear el vehículo como se muestra en la figura 43 utilizando un alineador digital con tres puntos de agarre a la llanta.

Se encontró que en la parte delantera el caster estaba en  $7^\circ$ , posición indeseada para el desempeño óptimo y se tomó la decisión de recoger la *uniball* externa para de esta manera ajustar el ángulo a  $6^\circ$ , el camber se fijó a  $1.5^\circ$  positivo sin convergencia.

Para la parte trasera el caster se mantiene en  $0^\circ$ , y de igual manera que en la parte delantera el camber se fija a  $1.5^\circ$ . Condiciones óptimas de funcionamiento según la experiencia adquirida por el equipo de la escudería.

Para el tercer y cuarto ítem se realizó la recolección en pista durante la competencia del 2015, como se muestra en las siguientes figuras.

*Figura 47. Prueba de aceleración y frenado*



*Fuente: Escudería FORSSA Oriente.*



En la figura 44 la fotografía de la izquierda muestra la prueba de aceleración y frenado realizada en la competencia de noviembre de 2015, la fotografía de la derecha muestra la prueba de aceleración realizada previamente a la competencia.

*Figura 48. Prueba de Slalom*



*Fuente: Escudería FORSSA Oriente.*

En la figura 45 se muestra el vehículo recorriendo el circuito de *slalom* en la competencia de noviembre de 2015, los conos recostados apuntan a la dirección hacia donde debe girar.

Una vez realizadas las pruebas y completada la adquisición de datos se procedió al análisis de estos, teniendo en cuenta la compresión de los amortiguadores, factor indispensable en el comportamiento de la suspensión.

La telemetría utilizada por la escudería captura datos cada 0.1 segundos, permitiendo obtener la lectura de cada instante de funcionamiento de la suspensión, en la siguiente tabla se muestra una pequeña parte de la adquisición de datos presente en la tabla 4.

*Tabla 4. Muestra de datos de la primera vuelta en competencia*

Tiempo (s)	Distancia	SUS_IZQ	SUS_DER
(s)	[m]	[mm]	[mm]
0	0	5,26	-0,447
0,1	0,78	5,26	-0,122
0,2	1,59	5,342	0,163
0,3	2,39	5,26	0,163
0,4	3,21	5,26	0,163
0,5	4,03	5,043	0,895
0,6	4,86	4,854	0,895
0,7	5,69	4,854	0,732
0,8	6,52	4,854	1,505
0,9	7,37	4,528	1,505
1	8,22	4,447	1,83
1,1	9,11	4,528	1,668
1,2	10,01	4,637	1,505
1,3	10,98	4,637	0,732

*Fuente: Escudería FORSSA Oriente.*

Tabla 5. (Continuación)

1,4	11,99	5,45	0,163
1,5	13	5,45	-0,441
1,6	14,06	5,45	-0,729
1,7	15,13	5,745	-0,45
1,8	16,21	5,641	-0,327
1,9	17,3	5,264	0,158
2	18,39	5,341	1,934

*Fuente: Escudería FORSSA Oriente.*

En el anexo A.6 se observa que el comportamiento de la suspensión es acorde a lo que se tenía previsto, pues el desplazamiento de los amortiguadores son inversos debido a la barra estabilizadora del vehículo, esto permite que al tomar una curva se incline en dirección opuesta a la fuerza lateral de empuje.

Igualmente, se puede observar en la parte superior izquierda de la captura de la telemetría que el desplazamiento máximo del amortiguador fue de 12.2 mm, luego es necesario obtener la relación entre la compresión del amortiguador y el movimiento vertical de la llanta, para comprobar el requerimiento del reglamento de desplazamiento máximo de la llanta de 1 pulgada en movimiento relativo con el chasis.

En el diseño de la suspensión del vehículo 2015 se estimó una relación de 1.4, luego si el amortiguador se comprimió 12.2 mm al multiplicar esta magnitud por el valor de la relación se obtiene el desplazamiento de la llanta, obteniendo 17.08 mm cumpliendo con el requerimiento del reglamento de la competencia.

Luego del análisis se encontró que la suspensión tuvo el comportamiento deseado por la escudería y el grupo de diseño.

## Conclusiones

- Se observó en los análisis que el brazo inferior de las tijeras es el más crítico, debido a que allí se encuentra ubicado el soporte de la barra *push* y amortiguador transmitiendo mayor carga y por lo tanto generando esfuerzos mayores en ese punto.
- Para que no se generen esfuerzos flexionantes o torsores indeseados en los elementos del sistema de suspensión es necesario que las cargas que influyan en el sistema sean lo más ortogonales posibles para lograrlo el amortiguador, la barra *push* y el *rocker* se deben encontrar en un mismo plano de desplazamiento.
- Se evidenció que al intentar disminuir el peso de las piezas que componen el sistema de suspensión la ganancia en cuanto a peso es muy mínima en comparación con la reducción del factor de seguridad de cada pieza.
- La herramienta *Vsusp* permitió conocer de una forma más dinámica el comportamiento de la suspensión diseñada, logrando obtener una configuración en la cual el parche de contacto de la llanta con el suelo sea el mayor posible a lo largo de la competencia.
- En el análisis por elementos finitos realizado al diseño del portamasas, se evidenció que es posible optimizar el diseño en cuanto a disminución del peso final de la pieza, por ello se decide iniciar un proceso de optimización de la geometría buscando disminuir el peso manteniendo la confiabilidad del diseño y el factor de seguridad obtenido.

## Recomendaciones

- Durante la construcción del vehículo es aconsejable que los diseñadores y el grupo de construcción, trabajen juntos para evitar errores de lectura de los planos que ocasionen imprecisiones en la fabricación de las piezas.
- Para que el diseño del sistema de suspensión sea válido y funcione correctamente, es indispensable respetar los puntos de anclaje obtenidos en el cálculo geométrico del *roll center*, ya que con esto se asegura el comportamiento dinámico deseado del vehículo, por ello para el diseño del vehículo el primer sistema a parametrizar será el de la suspensión pues indicará puntos de anclaje inamovibles en el chasis.
- En el análisis de elementos finitos para obtener una mayor confiabilidad y precisión en los resultados, es óptimo optar por generar el modelo geométrico a analizar en superficies ya que agilizará el tiempo de cálculo, disminuirá el porcentaje de error con respecto a la realidad, y permitirá un pos proceso o análisis de mayor calidad.
- Al realizar el mallado en el pre proceso es necesario tener en cuenta el tipo de geometría que se está trabajando pues de ella dependerá el tipo de nodos o mallado a utilizar, igualmente es indispensable realizar un refinamiento de malla ya que de esta forma se dará mayor calidad y precisión a los resultados obtenidos.

## **Bibliografía**

- ADAMS, H. “Chassis engineering”. Primera edición. HP Books, 1993.
- ATE UP WITH MOTOR. “The Macpherson strut” [en línea]. Fecha de consulta: 1 de marzo del 2016. Disponible en: <<http://ateupwithmotor.com/terms-technology-definitions/macpherson-strut-history/view-all/>>.
- BARRY, F. 2006, “Steering System and Suspensión Design for a Formula SAE-ARacer”, Queensland: University of Southern Queensland, Faculty of Engineering & Surveying.
- BLUNDELL, M. HARTY, D. “The Multibody Systems Approach to Vehicle Dynamics”. Elsevier Butterworth-Heinemann Linacre House. Jordan Hill, Oxford.
- BUDYNAS, R. NISBETT J. “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley”. Octava edición. Mcgraw-hill, 2008.
- GAFFNEY III, E. Salinas, A. Introduction to Fórmula SAE Suspension and Frame Design. University of Missouri – Rolla.
- FACULTAD DE INGENIERIA. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE. Teorias de fallas o de comparación [en línea]. Fecha de consulta: 22 de Julio del 2015. Disponible en: <[http://ing.unne.edu.ar/mecap/Apuntes/Estabilidad\\_2/Cap04-Falla.pdf](http://ing.unne.edu.ar/mecap/Apuntes/Estabilidad_2/Cap04-Falla.pdf)>
- GILLESPIE, T., 1992, "Fundamentals of Vehicle Dynamics", SAE Publications, Warrendale, Pennsylvania.
- JAZAR, R. Caster-Camber relationship in Vehicles. ASME 2009 International Mechanical Engineering Congress and Exposition. Volume 10: Mechanical Systems and Control, Parts A and B. Lake Buena Vista, Florida, USA.
- MILLIKEN, W. MILLIKEN, D. “Race Car Vehicle Dynamics”. SAE Publications, Warrendale, Pennsylvania.
- PUHN, Fred. How to make your car handle. Los Angeles, CA USA: HPBooks 1981.
- ROBERT L. NORTON, Diseño de maquinaria, Cuarta ed. Mexico DF, Mexico: McGraw Hill, 2004.

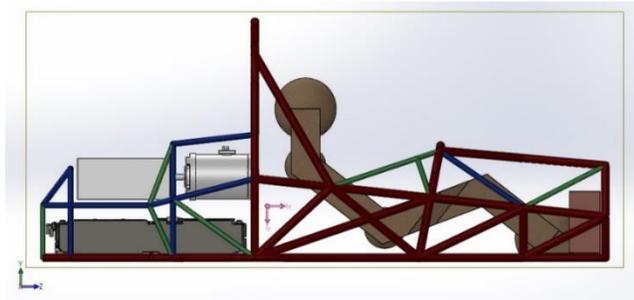
- SHIIBA, T. Evaluation of Tire and Suspension Characteristics with 6-DOF Motion Platform. ASME 2007 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. Volume 5: 6th International Conference on Multibody Systems, Nonlinear Dynamics, and Control Parts A, B, and C. Las Vegas, Nevada, USA.
- VOLKSWAGEN. MULTI-LINK SUSPENSION. Fecha de consulta: 22 de Julio del 2015. Disponible en <http://en.volkswagen.com/en/innovation-and-technology/technical-glossary/mehrlenker-hinterachse.html>

## Anexos

### A. Cálculos Parámetros Iniciales

#### A.1 Cálculo del centro de gravedad teórico.

*Figura 49. Centro de gravedad teórico*



*Fuente: Autores del proyecto.*

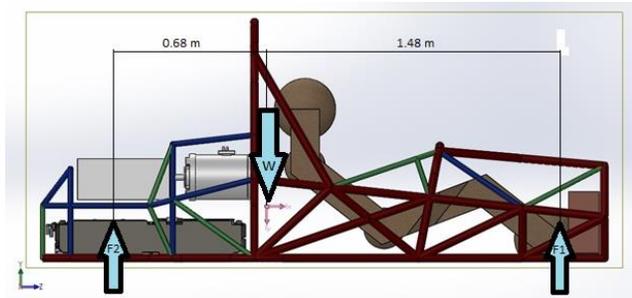
*Tabla 6. Datos centro de gravedad*

Propiedades de masa de Centro de gravedad		
Configuración: Predeterminado		
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --		
Masa = 374849.86 gramos		
Volumen = 226344208.40 milímetros cúbicos		
Área de superficie = 16804050.30 milímetros cuadrados		
Centro de masa: ( milímetros )		
X =	-2.91	
Y =	251.06	
Z =	60.85	
Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: ( gramos * milímetros cuadrados )		
Medido desde el centro de masa.		
lx = ( 0.00, 0.00, 1.00)	Px =	20554756725.10
ly = ( 0.02, -1.00, 0.00)	Py =	221943863650.04
lz = ( 1.00, 0.02, 0.00)	Pz =	228110716256.01
Momentos de inercia: ( gramos * milímetros cuadrados )		
Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas		
Lxx = 228107057612.22	Lxy = -149982230.84	Lxz = 26811492.60
Lyx = -149982230.84	Lyy = 221943848850.02	Lyz = 859724909.7
Lzx = 26811492.60	Lzy = 859724909.75	Lzz = 2055843016
Momentos de inercia: ( gramos * milímetros cuadrados )		
Medido desde el sistema de coordenadas de salida.		
lxx = 253122553226.94	lxy = -424028291.45	lxz = -39605720.51
lyx = -424028291.45	lyy = 223334853502.42	lyz = 6586076011.
lzx = -39605720.56	lzy = 6586076011.90	lzz = 44189278190

Fuente: Autores del proyecto.

### A.2 DCL estático para la distribución de cargas del vehículo.

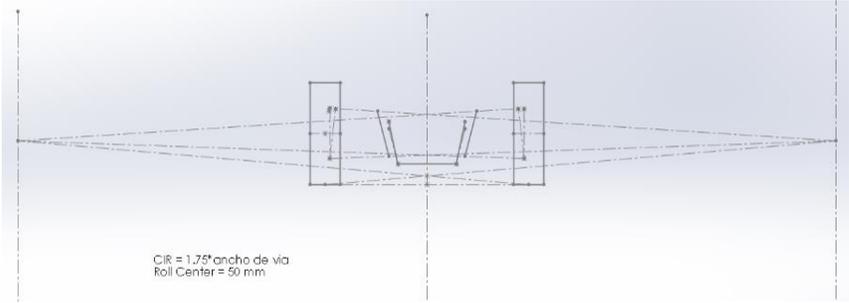
Figura 50. DCL estático para la distribución de cargas del vehículo



Fuente: Autores del proyecto.

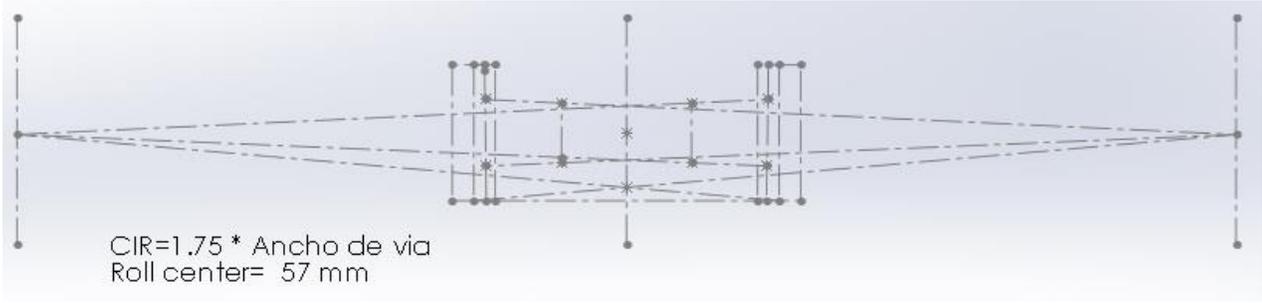
### A.3 Cálculo gráfico del roll center.

Figura 48. Calculo gráfico roll center delantero



Fuente: Autores del proyecto.

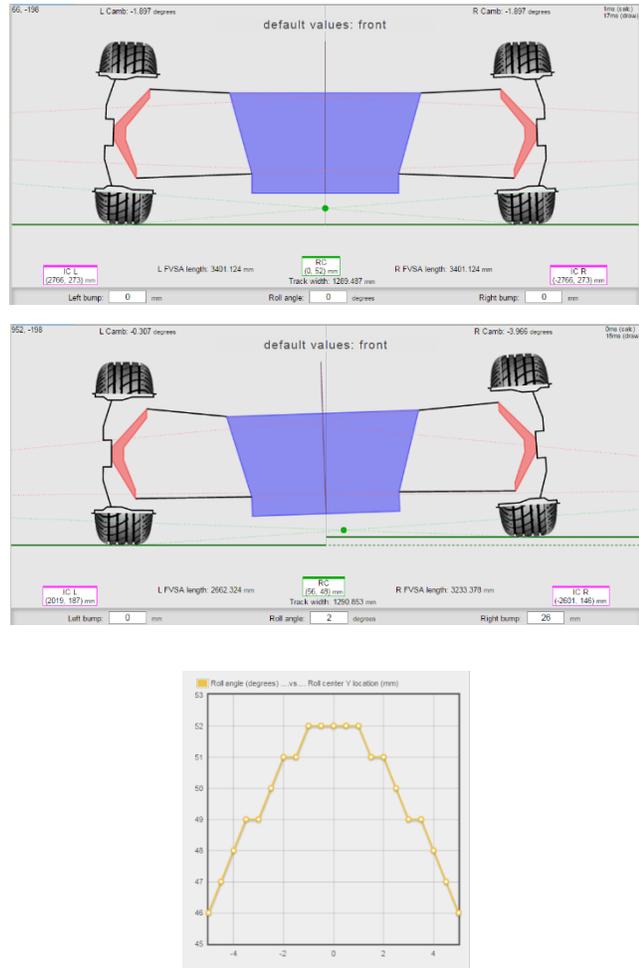
Figura 492. Calculo gráfico roll center trasero



Fuente: Autores del proyecto.

## A.4 Comportamiento roll center en la herramienta Vsusp

Figura 503. Comportamiento Roll delantero center en la herramienta Vsusp



Fuente: Vsusp. < <http://www.vsusp.com> >

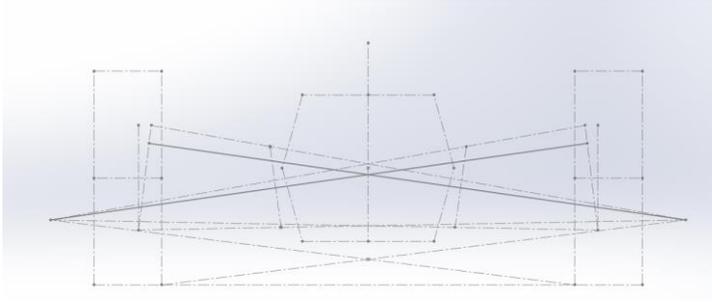
Figura 514. Comportamiento roll trasero center en la herramienta Vsusp



Fuente: Vsusp. < <http://www.vsusp.com> >

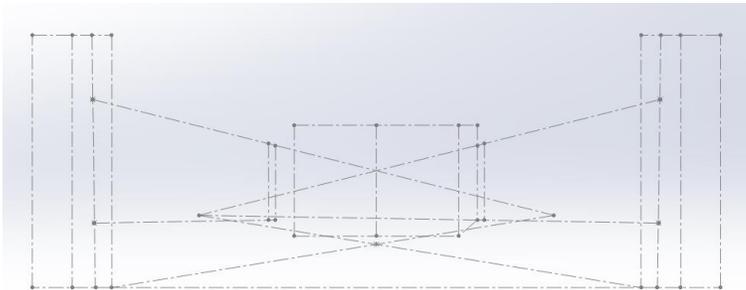
### A.5 Calculo gráfico final del roll center.

*Figura 525. Cálculo gráfico roll center delantero final*



*Fuente: Autores del proyecto.*

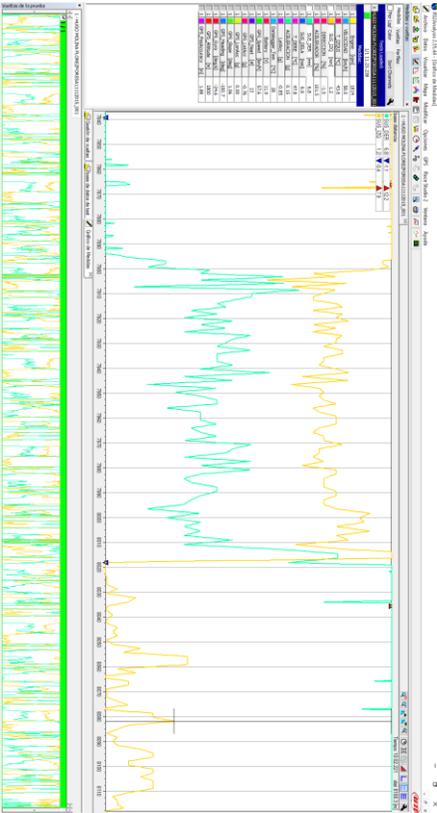
*Figura 536. Cálculo gráfico roll center trasero final*



*Fuente: Autores del proyecto.*

### **A.5 Telemetría capturada por la escudería FORSSA Oriente.**

Figura 547. Gráfica telemetría de la suspensión en competencia

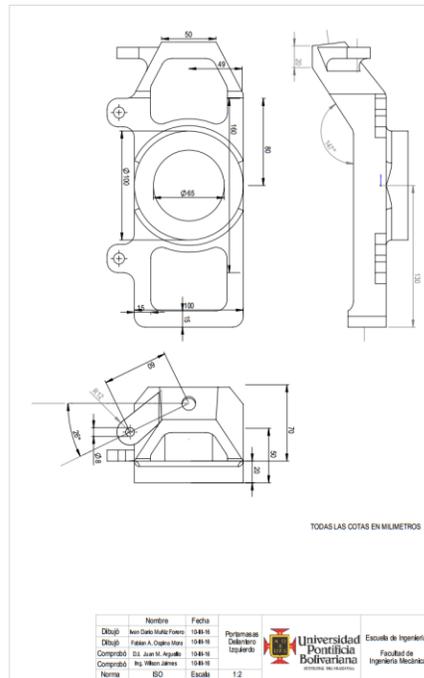


Fuente: Telemetría capturada por la escudería FORSSA Oriente.

## B. PLANOS DE FABRICACIÓN

### B.1 Portamasas delantero izquierdo.

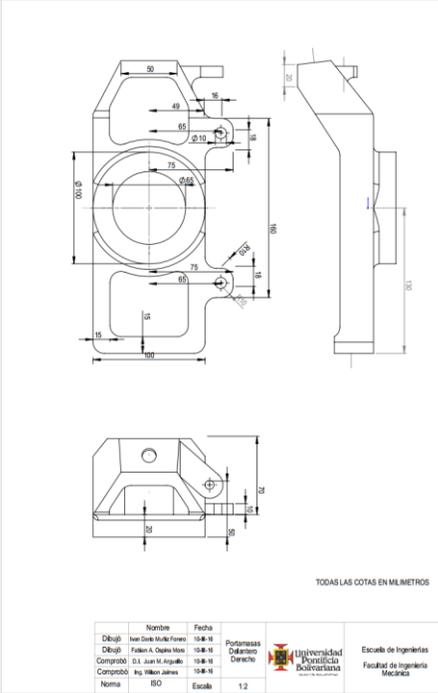
Figura 558. Portamasas delantero izquierdo



Fuente: Autores del proyecto

## **B.2 Portamasas delantero derecho.**

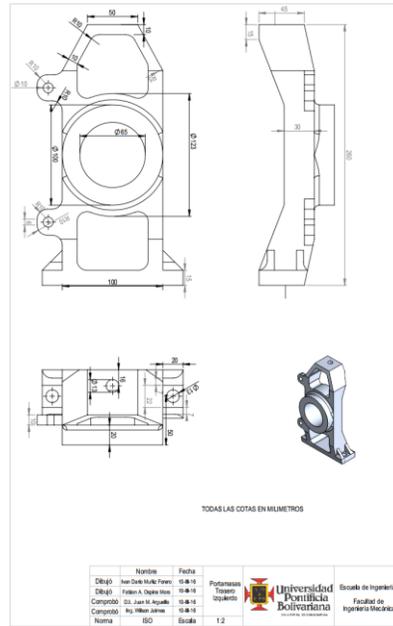
Figura 59. Portamasas delantero derecho



Fuente: Autores del proyecto.

### B.3 Portamasas trasero izquierdo.

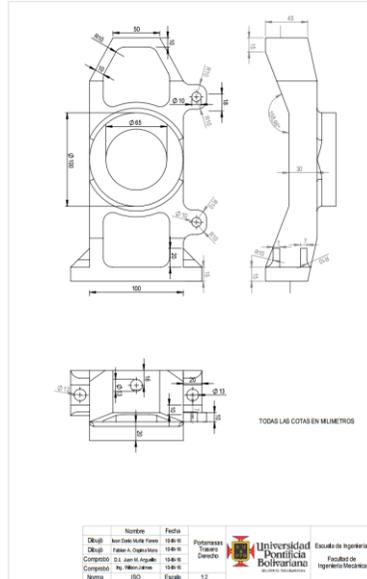
Figura 560. Portamasas trasero izquierdo



Fuente: Autores del proyecto.

## B.4 Portamasas trasero derecho.

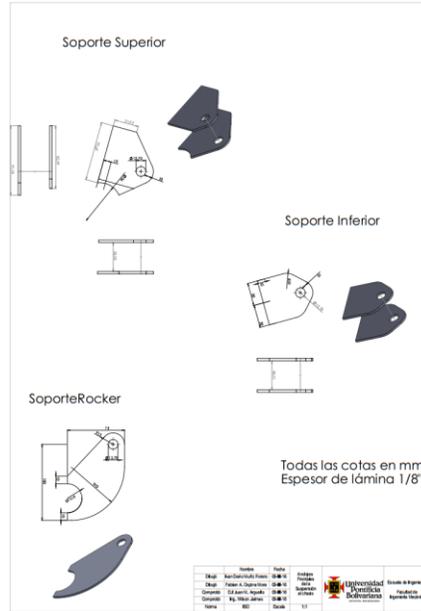
Figura 571. Portamasas trasero derecho



Fuente: Autores del proyecto.

## B.5 Anclajes frontales de la suspensión.

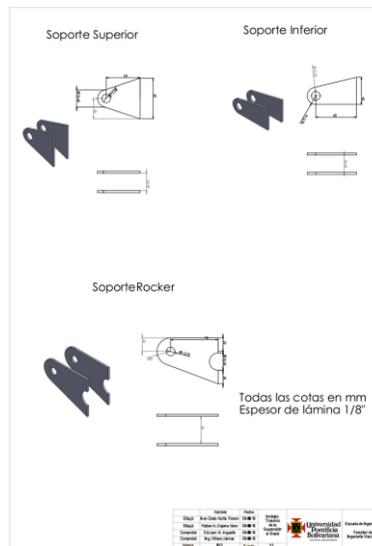
Figura 582. Anclajes frontales de la suspensión



Fuente: Autores del proyecto.

## B.6 Anclajes traseros de la suspensión.

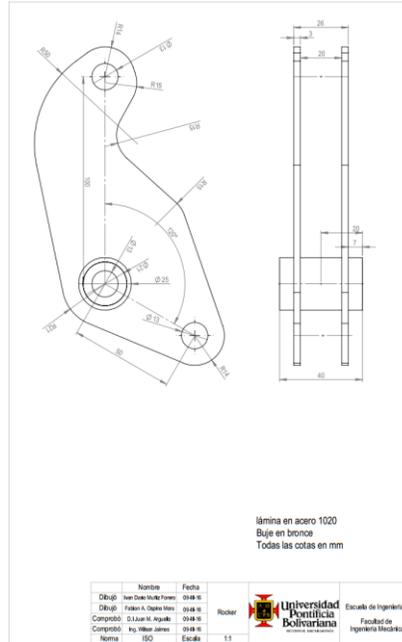
Figura 593. Anclajes traseros de la suspensión



Fuente: Autores del proyecto.

## B.7 Rocker o balancín.

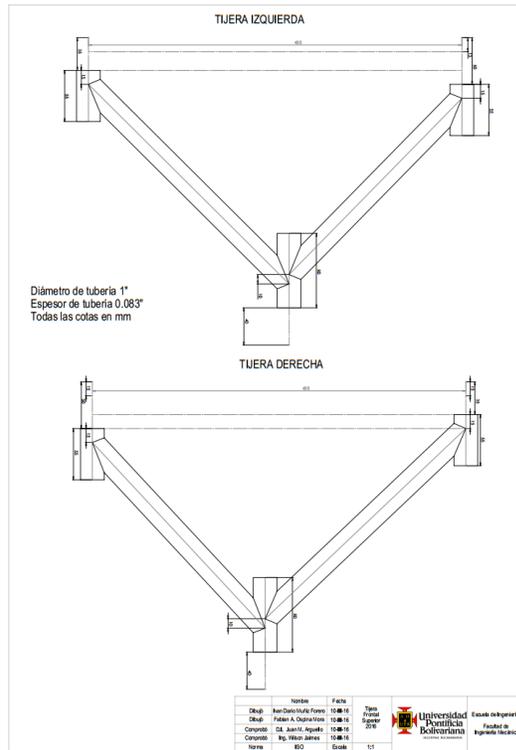
Figura 604. Rocker o balancín



Fuente: Autores del proyecto

## B.8 Tijera superior delantera

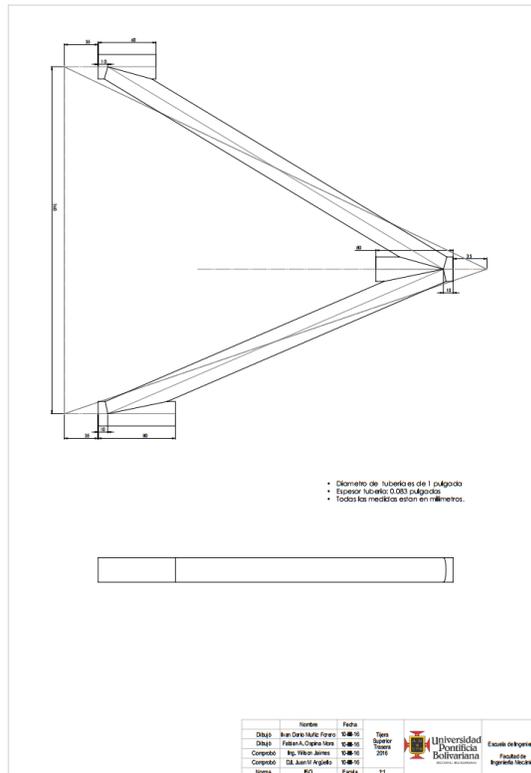
Figura 615. Tijera superior delantera



Fuente: Autores del proyecto.

## B.9 Tijera superior trasera.

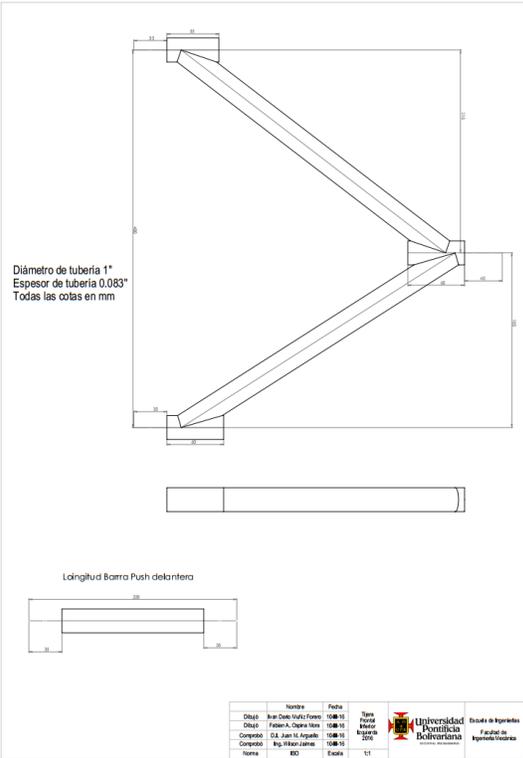
Figura 626. Tijera superior trasera



Fuente: Autores del proyecto.

**B.10 Tijera inferior delantera izquierda.**

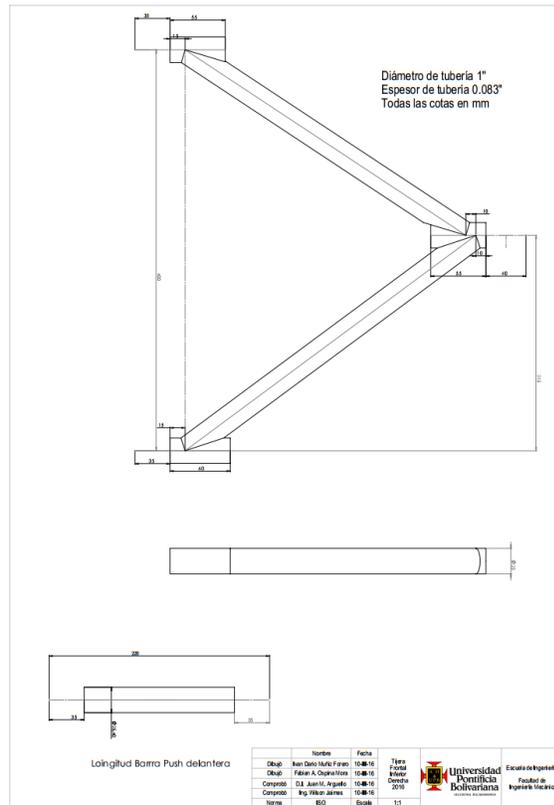
*Figura 637. Tijera inferior delantera izquierda*



*Fuente: Autores del proyecto.*

## B.11 Tijera inferior delantera derecha.

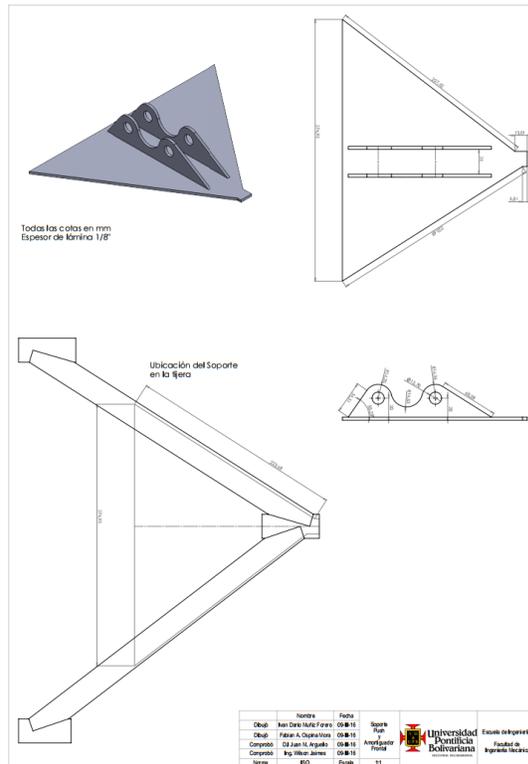
Figura 648. Tijera inferior delantera derecha



Fuente: Autores del proyecto.

## B.12 Soporte *push* y amortiguador frontal.

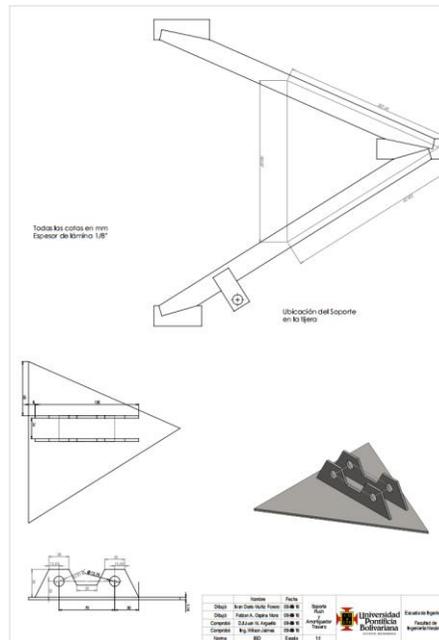
Figura 69. Soporte *push* y amortiguador frontal



Fuente: Autores del proyecto.

### B.13 Soporte *push* y amortiguador trasero.

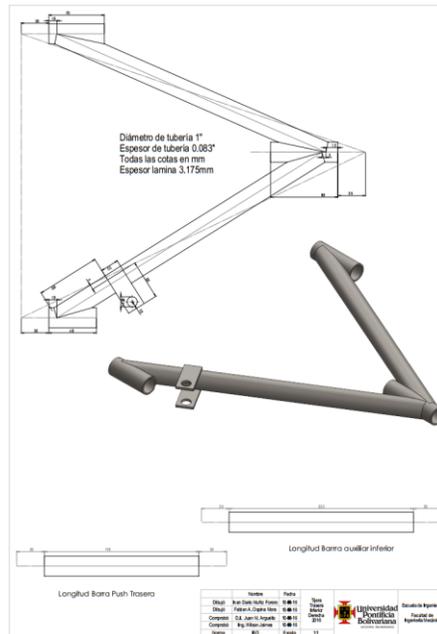
Figura 650. Soporte *push* y amortiguador frontal



Fuente: Autores del proyecto.

## B.14 Tijera inferior trasera derecha.

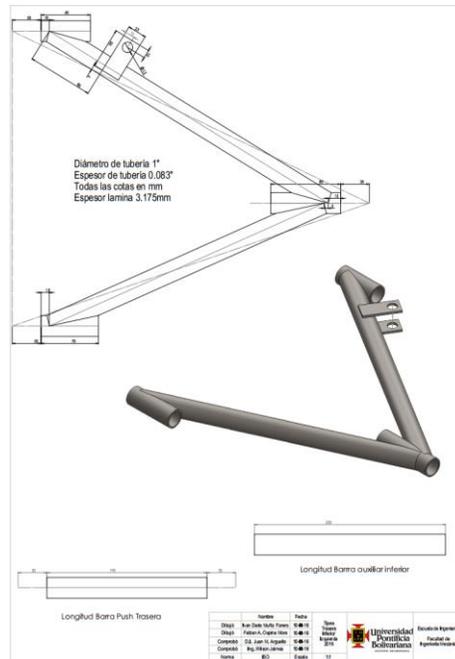
Figura 661. Tijera inferior trasera derecha



Fuente: Autores del proyecto.

## B.15 Tijera inferior trasera izquierda.

Figura 67. Tijera inferior trasera izquierda



# Diseño de un acelerador eólico para generación de energía eléctrica por medio de turbinas para zonas de media y baja velocidad de aire

## Resumen

Las estructuras aceleradoras de flujo son actualmente utilizadas en muchos dispositivos como una estrategia para aumentar la velocidad de un flujo buscando mejorar su desempeño. En el presente trabajo se muestran los pasos seguidos para el diseño de un acelerador eólico para la generación de energía eléctrica. En Colombia las velocidades de los vientos son en promedio anual inferiores a los 4m/s. Para generar de forma aprovechable energía eléctrica a partir de generadores eólicos es necesario tener vientos con velocidades promedio anual superiores a los 6m/s. Es por tal razón que se propone el diseño de una estructura aceleradora de flujo que permita aumentar de forma considerable la velocidad del viento y producir energía eléctrica de forma aprovechable.

**Palabras clave** —Acelerador eólico, concentrador eólico, energía eólica, generación eléctrica, turbinas.

## INTRODUCCIÓN

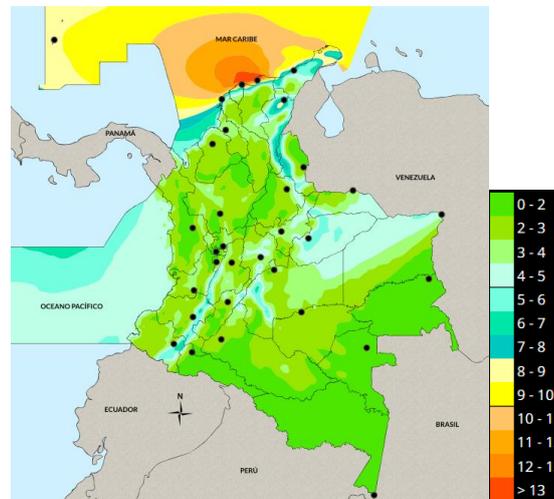
Las energías renovables constituyen en la actualidad una parte importante del desarrollo energético mundial. Entre las energías renovables, la energía eólica es la que tiene una mayor crecimiento, con un ritmo muy alto (en 2007 producía un 1% de la energía eléctrica mundial y a finales de 2012 un 3%[1]). En el 2006, la generación eólica se encontraba liderada por Estados Unidos, Alemania y España. Para el año 2016 nuevos países fueron tomando protagonismo y, el país con mayor capacidad instalada es China con 148,6 GW representando prácticamente el 32% de la capacidad mundial. En segundo lugar aparece Estados Unidos con 82,4 GW (18% del total), seguido por Alemania con 49,5 GW e India con 28,7 GW.[2]

La energía eólica tiene un enorme potencial en América Latina. Las necesidades de energía en lugares con mucho viento, pero aisladas o remotas, como las islas del Caribe, las montañas y mesetas de los Andes y las cordilleras de Mesoamérica, así como las vastas sabanas de la región (llanos, cerrado, Chaco y pampas), se pueden atender más eficientemente por medio de turbinas eólicas que con cualquier otra alternativa. En tecnologías eólicas. Brasil es el líder en la región, con el 66 por ciento de la capacidad

instalada, México es el segundo mayor mercado para la energía eólica en América Latina, sobre todo en la parte sur del país, donde las condiciones de viento son más favorables. Costa Rica, con un fuerte compromiso con las energías renovables, ha instalado el mayor número de turbinas de energía eólica en América Central, seguida de cerca por Honduras. En el Cono Sur, Chile y Argentina están invirtiendo fuertemente en energía eólica, y se espera que ambos países superen a México en cuanto a potencia total instalada en los próximos diez años. Por último, varios nuevos proyectos también están tomando forma en el Perú y Uruguay.[3]

Las proyecciones de desarrollo de la energía eólica en Colombia son grandes, sobre todo en el Caribe, donde se cuenta con un potencial efectivo de 60 gigavatios en parques eólicos. Sin embargo, otras zonas del territorio nacional tienen mucho por aportar, pero en ellas deben realizarse programas de medición del viento para evaluar sus verdaderas condiciones. Algunas de las ciudades y departamentos que podrían reforzar nuestro sistema eólico serían Villa de Leyva, Cúcuta, Santander, Risaralda, Valle del Cauca, Huila, Boyacá y las islas de San Andrés y Providencia.[4] Sin embargo al revisar los datos multianuales de velocidad promedio del viento a 10 metros de altura suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM, en su Atlas de viento de Colombia, se observa que en el territorio nacional se cuenta, con velocidades por debajo de los 4m/s.

*Figura 68 Velocidad Promedio del Viento a 10 metros de Altura (m/s)*



*Fuente: IDEAM*

La implementación de dispositivos eólicos convencionales, generadores de energía eléctrica que aprovechan el flujo de aire presenta una serie de limitantes las cuales no permiten usarse en zonas donde la velocidad y el flujo de aire no presentan ciertas condiciones para su funcionamiento eficiente. Los aerogeneradores modernos comienzan a funcionar cuando el viento alcanza una velocidad de unos 19 km/h (5.278 m/s), logran su máximo rendimiento con vientos entre 40 y 48 km/h (11.1 y 13.3 m/s) y dejan de funcionar cuando los vientos alcanzan los 100 km/h (27.78 m/s). Los lugares ideales para

la instalación de los generadores de turbinas son aquellos en los que el promedio anual de la velocidad del viento es de cuando menos 21 km/h (5.83 m/s).[5]

Por lo anterior, muy pocas zonas en Colombia son aptas para la instalación de sistemas de generación eólica de forma efectiva y económicamente viable. Es entonces que se consideró la necesidad de diseñar un dispositivo que permita elevar de manera eficiente la velocidad de nuestros vientos y así hacer más viable la producción de energía en sectores que se encuentran lejanos al sistema de distribución eléctrica nacional.

Dicho dispositivo se considera un acelerador eólico para generación de energía eléctrica por medio de turbinas para zonas de media y baja velocidad de aire. En el presente trabajo se analizan los dispositivos eólicos usados actualmente para generación energía eléctrica, se realiza un diseño preliminar de un acelerador eólico utilizando herramientas CAD, se realiza la simulación de su comportamiento utilizando herramientas CAE, y se propone la fabricación de un prototipo a escala utilizando tecnología de manufactura CAM-CNC para la comprobación de los resultados obtenidos.

## FUNDAMENTO TEÓRICO

### *Fase de revisión*

Es importante tener claro el concepto teórico del funcionamiento de un generador eólico para analizar las variables que influyen en su comportamiento.

La velocidad del viento es una de las variables importantes ya que determina cuanta energía puede transformar un generador eólico en energía eléctrica, la potencia obtenida del viento varía con la tercera potencia de la velocidad del mismo.

$$P_{eólica} = \frac{1}{2} \rho A v^3 c_p \quad (9)$$

Donde:

$P_{eólica}$ : potencia del viento (W)

$\rho$ : densidad del viento ( $\text{Kg/m}^3$ )

A: área enfrentada o de barrido ( $\text{m}^2$ )

v: velocidad del viento (m/s)

$c_p$ : coeficiente de potencia

Lo más práctico para conocer la velocidad real del viento es realizar mediciones en el lugar de implementación del sistema, lo cual se hace con un anemómetro y se realizan mediciones que puedan arrojar datos bi-paramétricos del comportamiento del viento en cada mes del año. Los mapas de las instituciones gubernamentales sirven de medio de información a tener en cuenta.

La ley de Betz dice que sólo puede convertirse menos del 59 % de la energía cinética en energía mecánica usando un aerogenerador.

La ley de *Betz* fue formulada por primera vez por el físico alemán *Albert Betz* en 1919. Su libro "*Wind-Energie*", publicado en 1926, proporciona buena parte del conocimiento que en ese momento se tenía sobre energía eólica y aerogeneradores.[6]

Es sorprendente que se pueda hacer una afirmación general tan tajante que se pueda aplicar a cualquier aerogenerador con un rotor en forma de disco. Y podemos demostrarla así:

Consideremos, cosa bastante razonable, que la velocidad promedio del viento a través del área del rotor es el promedio de la velocidad del viento sin perturbar antes de la turbina eólica, es  $v_1$ , y la velocidad del viento después de su paso por el plano del rotor,  $v_2$ .

La masa de la corriente de aire a través del rotor durante un segundo es:

$$m = \rho A \left( \frac{v_1 + v_2}{2} \right) \quad (10)$$

Donde  $m$  es la masa por segundo,  $\rho$  es la densidad del aire,  $A$  es el área barrida por el rotor y  $(v_1 + v_2)/2$  es la velocidad del viento promedio a través del área del rotor. La potencia

del viento extraída por el rotor es igual a la masa por la diferencia de los cuadrados de la velocidad del viento (de acuerdo con la segunda ley de Newton):

$$P = \frac{1}{2} m(v_1^2 - v_2^2) \quad (11)$$

Sustituyendo en esta expresión la  $m$  de la ecuación(10, obtenemos la siguiente expresión para la potencia extraída del viento:

$$P = \frac{1}{4} \rho A(v_1 + v_2)(v_1^2 - v_2^2) \quad (12)$$

Ahora, comparemos el resultado con la potencia total de una corriente de viento no perturbada a través de exactamente la misma área  $A$ , sin ningún rotor que bloquee el viento. Llamamos a esta potencia  $P_0$ :

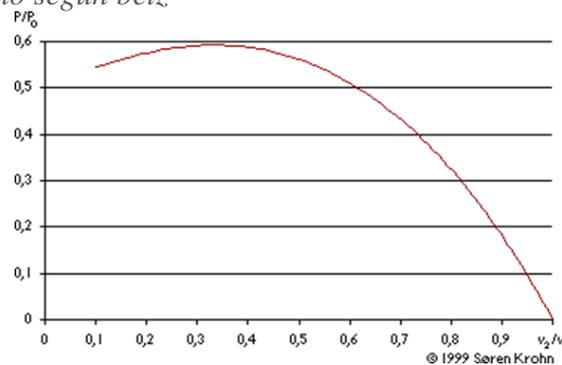
$$P_0 = \frac{1}{2} \rho A v_1^2 \quad (13)$$

La relación entre la potencia que extraemos del viento y la potencia del viento sin perturbar es:

$$\left(\frac{P}{P_0}\right) = \left(\frac{1}{2}\right) \left(1 - \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2\right) \left(1 + \left(\frac{v_2}{v_1}\right)\right) \quad (14)$$

Podemos graficar  $\left(\frac{P}{P_0}\right)$  en función de  $\frac{v_2}{v_1}$ :

Figura 3 límite máximo según betz



Podemos ver que la función alcanza su máximo para  $\frac{v_2}{v_1} = 1/3$ , y que el valor máximo de la potencia extraída del viento es de 0,59 veces o 16/27 de la potencia total del viento.”[7]

### Rendimiento de las maquinas eólicas

Como se pudo apreciar no toda la potencia del viento se puede transformar en potencia mecánica, esta potencia se ve disminuida por varias perdidas en el proceso de conversión a energía mecánica rotacional y posterior a energía eléctrica. Podemos expresar esto con la siguiente ecuación:

$$P_{mecanico} = C_p \times P_{viento} = C_p \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (15)$$

Donde  $C_p$  es el coeficiente de potencia del aerogenerador. El  $C_p$  no puede superar el límite de Betz. Si el sistema está conectado directamente con el generador eléctrico lo podemos expresar con la siguiente ecuación:

$$P = C_e \times P_{mecanico} = C_e \times C_p \times P_{viento} \quad (16)$$

Una manera más sencilla para calcular la eficiencia del aerogenerador es utilizar la relación de velocidad tangencial o TSR (Tip speed ratio), también suele llamársele velocidad específica, se denomina así:

$$\lambda = \frac{\omega R}{v} \quad (17)$$

Donde:

$\lambda$ = TSR, velocidad específica

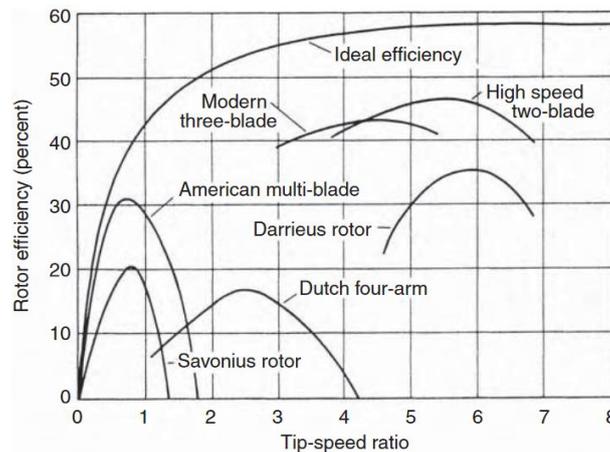
$\omega$ = velocidad angular de la turbina (Rad/s)

$R$ = radio del aerogenerador (m)

$v$ = velocidad del viento (m/s)

En la siguiente grafica podemos ver la relación entre el  $C_p$  y  $\lambda$ , en los tipos de turbinas eólicas.

Figura 69  $C_p$  vs  $Trs$



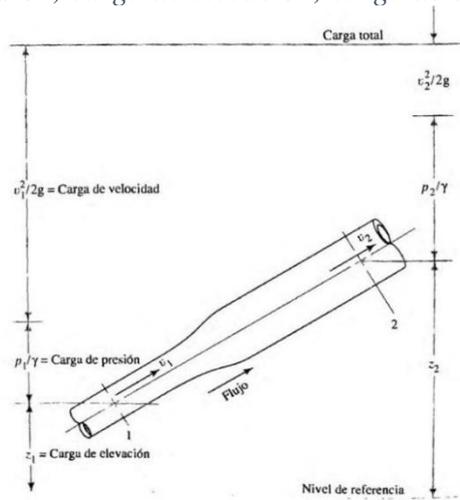
Fuente:[8]

#### Como aumentar la velocidad del viento

Analizando las condiciones de funcionamiento de las turbinas eólicas convencionales concluimos que su funcionamiento y eficiencia está determinado por la velocidad del aire principalmente. Como la velocidad del aire es el factor determinante es esta variable que queremos afectar para esto acudimos a la mecánica de fluidos al determinar en qué condiciones podemos aumentar la velocidad del aire que nos entrega el ambiente y recurrimos a analizar la ecuación de Bernoulli.

La ecuación de Bernoulli se utiliza para determinar los valores de la carga de presión, carga de elevación y cambio de la carga de velocidad conforme el fluido circula a través del sistema.

Figura 4 Carga de presión, carga de elevación, carga de velocidad y carga total



Fuente: [9]

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad (18)$$

Donde:

$\frac{P}{\gamma}$  es la carga de presión

$z$  es la carga de elevación.

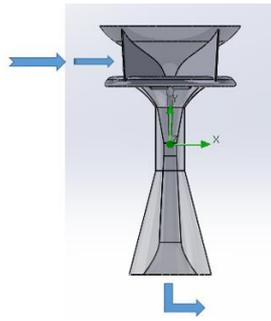
$\frac{v^2}{2g}$  es la carga de velocidad.

Observamos que la carga de velocidad en la sección 2 será menor que en la sección 1. Esto se demuestra por medio de la ecuación de continuidad:

$$\begin{aligned} A_1 v_1 &= A_2 v_2 \\ v_2 &= \frac{A_1}{A_2} v_1 \end{aligned} \quad (19)$$

Debido a que  $A_1 < A_2$ ,  $v_2$  debe ser menor que  $v_1$ . Y como la velocidad está elevada al cuadrado en el término de la carga de velocidad,  $\frac{v_2^2}{2g}$  es mucho menor que  $\frac{v_1^2}{2g}$ . Es común que cuando crece el tamaño de la sección, como ocurre en la Figura la carga de presión se incrementa porque la carga de velocidad disminuye.[9]

Figura 5 prototipo acelerador eólico.



*Fuente: Propia*

### *Concepto aplicado*

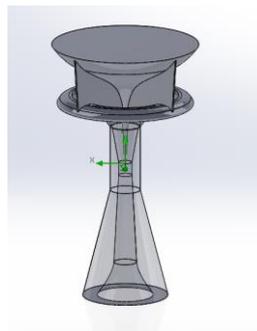
Si analizamos la imagen anterior vemos que el dispositivo cuenta con un área de captación del aire que trae una velocidad ( $v_1$ ) y se encuentra a una presión  $P_1$ , que para este caso es la presión atmosférica en el lugar donde se implemente el dispositivo.

A medida que el fluido (aire) recorre el dispositivo hay una reducción en el área por la que pasa, lo que causa un aumento de la velocidad, y por consiguiente obtendremos una mayor eficiencia de la turbina que instalemos en  $A_2$  en comparación con la misma turbina instalada fuera del dispositivo y que se encuentre trabajando con flujos a una velocidad  $v_1$ .

### EL DISEÑO

Usando una herramienta CAD modelamos una estructura tridimensional que cumple con las condiciones dimensionales anteriormente descritas.

*Figura 6 Prototipo*



*Fuente: Propia*

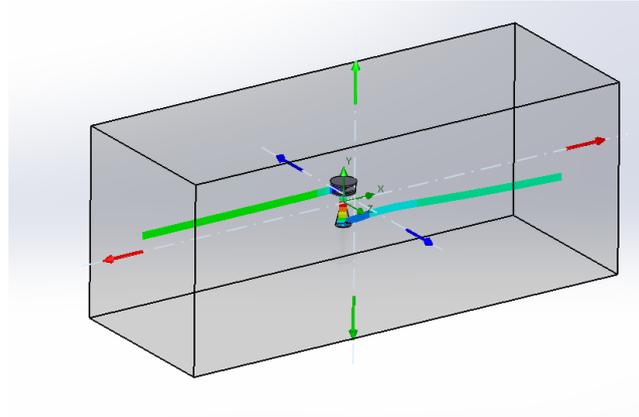
Sobre este modelo tridimensional se realizaron varias simulaciones del comportamiento del flujo de aire definiendo una velocidad constante en la dirección  $x$ . El principal objetivo de estas simulaciones era encontrar el valor de la velocidad en la sección reducida del

Venturi y poder comprobar la teoría antes mencionada.

#### LA METODOLOGÍA

Una vez definido el modelo del prototipo en CAD se procedió a plantear la simulación, en el escenario de ubicar la estructura en un volumen de aire superior al volumen ocupado por la misma y que se encuentra a presión atmosférica, con una velocidad constante en la coordenada x en las fronteras de este volumen.

*Figura 7 Modelo de análisis*



*Fuente: Propia*

Se probaron para este modelo diferentes velocidades de entrada para comprender el comportamiento del fluido en el exterior e interior de la misma, analizando tanto la distribución de la velocidad (

Figura ) y la presión en la sección central (Figura ) concentrándonos en los valores de la sección central del Venturi.

Se evaluaron 5 modelos cambiando la velocidad de entrada del aire desde 3 a 7 m/s y se evaluó la velocidad en el centro de la menor área del Venturi.

A continuación, se modeló la misma estructura escalada a las dimensiones de una instalación eólica real, es decir aumentada 10 veces el tamaño del prototipo y se realizaron 5 simulaciones nuevamente variando la velocidad inicial del aire.

Posteriormente se fabricó un primer prototipo (Figura 9) con el apoyo de semillero de investigación SIMIC del programa de Tecnología en diseño de elementos mecánicos para su fabricación con máquinas herramientas CNC y usando herramientas de diseño CAD, manufactura CAM. Se fabricaron en aluminio mecanizado en máquinas herramientas CNC y los elementos plásticos se han construido en dos tipos de máquinas prototipadoras o impresoras 3D, por la complejidad de la forma y el tamaño. La turbina, que es la de mayor resistencia al igual que el soporte del eje y motor, también se han fabricado en impresora industrial de alta resolución en el taller CNC del CIMI (Centro Industrial de mantenimiento Integral) y las piezas plásticas de gran tamaño se han elaborado en impresora 3D con el apoyo de Tecno-parque Bucaramanga.. El objetivo es establecer una

comparación de los resultados de las simulaciones con una serie de pruebas físicas sobre el prototipo construido.

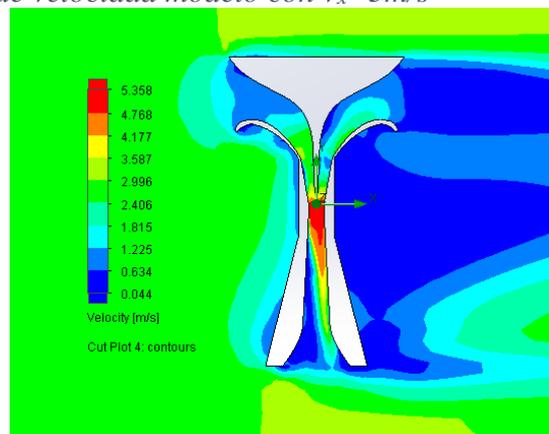
*Figura 70 Prototipo físico*



## RESULTADOS

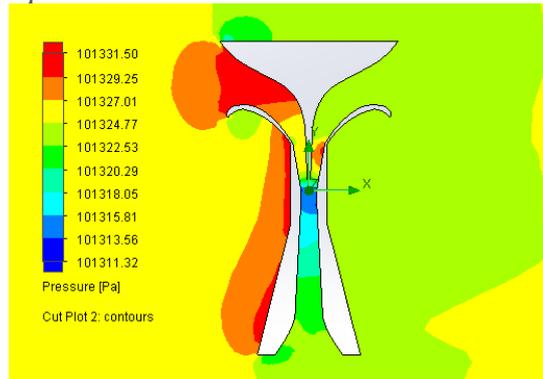
Al realizar la simulación del prototipo CAD observamos cifras que muestran que la morfología del prototipo cumple la condición principal que es acelerar el flujo de aire. Se revisaron para cada modelo la distribución de la velocidad y la presión en el plano central obteniendo figuras como las siguientes:

*Figura 8 Distribución de velocidad modelo con  $v_x=3m/s$*



*Fuente: Propia*

Figura 9 Distribución de presión modelo con  $v_x=3m/s$



Fuente: Propia

De los 5 modelos analizados pudimos obtener la velocidad máxima obtenida en la sección más pequeña del Venturi, así:

Tabla VII Velocidades para cada simulación

VELOCIDAD INICIAL $v_0$ [M/S]	Velocidad en el venturi $v_v$ [m/s]	RELACIÓN $\frac{v_v}{v_0}$
3	5.358	
4	7.526	

Otro punto que tenemos la oportunidad de analizar es que, el tamaño de la estructura tiene influencia positiva en la aceleración del flujo en el área de interés.

Tabla VIII Velocidades para cada simulación modelo escalado

VELOCIDAD INICIAL $v_0$ [M/S]	Velocidad en el Venturi $v_v$ [m/s]	RELACIÓN $\frac{v_v}{v_0}$
3	7.240	

Por alcanzar:

Se espera realizar las pruebas físicas al prototipo construido en el ambiente de máquinas y herramientas CNC para reforzar o corregir aspectos que en la simulación del prototipo virtual no se puedan percibir.

Después de las mediciones correspondientes se hará la selección del generador eléctrico del prototipo.

Una vez finalizada la evaluación se espera presentar una propuesta para construcción a escala real y demostrar así, que de llegarse a implementar este tipo de estructura, permitiría a los usuarios de las ZNI de Colombia, bien sean en los llanos orientales, el litoral pacífico u otras poblaciones del interior del país, producir energía eléctrica para cubrir sus necesidades.

## CONCLUSIONES

Se evidencia que el desarrollo del dispositivo “acelerador eólico” representa un incremento en la eficiencia de los generadores eólicos, demostrado en el aumento de la velocidad del aire en el momento que ingresa en la cámara de la turbina.

Si consideramos la potencia mecánica, definida en (15), para un generador eólico tri-pala de diámetro 47 cm expuesto a una velocidad de viento de 4m/s tendría una potencia mecánica de 3.44 W. El mismo generador eólico instalado al interior de una estructura aceleradora de flujo, estaría trabajando a una velocidad de 5.44 m/s, lo que permitiría obtener una potencia mecánica de 8.67 W siendo esto un incremento en la potencia de 267.7%.

Este tipo de estructuras se presentan como una alternativa viable para generar energía eléctrica aprovechando el aire en lugares donde los recursos técnicos, tecnológicos y económicos son limitados para la implementación de dispositivos eólicos convencionales y a su vez son una innovación en la producción de energías renovables.

## REFERENCIAS

- [1] L. Arribas de Paz, E. Telmo Martínez, y L. Arribas de Paz, *Energía eólica (2a. ed.)*. Zaragoza, UNKNOWN: Prensas de la Universidad de Zaragoza, 2011.
- [2] Balbina Griffa y Leandro Marcó, “Actualidad de la energía eólica a nivel mundial generación, fabricantes, comercio exterior y precios.” Centro de investigación en Economía y Planeamiento Energético . EEN - UNSAM.
- [3] Rufín, Carlos, *Energía eólica en América Latina*. .
- [4] Semana, “El futuro de la energía de Colombia está en el viento”, *El futuro de la energía de Colombia está en el viento*. [En línea]. Disponible en: <https://www.semana.com/contenidos-editoriales/la-nueva-era-de-las-renovables/articulo/el-futuro-de-la-energia-de-colombia-esta-en-el-viento/564840>. [Consultado: 18-jul-2018].
- [5] R. A. Poloni, *Proyecto energía eólica: energías alternativas*. Buenos Aires, ARGENTINA: El Cid Editor, 2007.
- [6] “La ley de Betz”. [En línea]. Disponible en: <http://drømstørre.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/tour/wres/betz.htm>. [Consultado: 19-jul-2018].
- [7] “Demostración de la ley de Betz”. [En línea]. Disponible en: <http://drømstørre.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/stat/betzpro.htm>. [Consultado: 19-jul-2018].
- [8] Mukund R. Patel, *Wind and Solar Power Systems: Design, Analysis, and Operation, Second Edition*. 2005.
- [9] R. L. Mott, *Mecánica de fluidos*. Pearson Educación, 2006.

