



Hablando de Ciencia en **EMAVI**



ISSN en línea: En trámite
3ª. Edición, 2020-2 (noviembre)

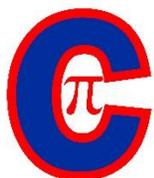


Hablando de Ciencia en **EMAVI**



Depto Ciencias Básicas

ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"
GRUPO ACADÉMICO
FUERZA AÉREA COLOMBIANA



*Hablando de
Ciencia en
EMAVI*



HABLANDO DE CIENCIA EN EMAVI

ISSN en línea: En trámite

©Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel
Suárez” (EMAVI)
©EMAVI Sello Editorial
© Varios autores

Dirección
BG. Alfonso Lozano Ariza

Subdirección
CR. Ned Yasnó Roncancio

Comando Grupo Académico
TC. Yadira Cárdenas Posso

Jefatura Sección Investigación
TE. Andrea Carolina Gómez Ruge

Sección Investigación

Carrera 8 # 58-67 (La Base) Cali–Colombia
Teléfono: +57 (2) 488 1000, Ext. 68841

Apoyo Gestión de Publicaciones Científicas
Jennifer J. García Saldarriaga

© Organizadores

Sandra Milena Ramos Arteaga, Dalila Victoria
Rincón y Alberto Vélez Rodríguez
Orientadores de Defensa - Departamento de
Ciencias Básicas - Grupo Académico - Escuela
Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”

3ª. Edición, 2020-2 (noviembre)

PDF Digital
Santiago de Cali, Valle del Cauca, 2020.

Publicado en Colombia–Published in Colombia

Contenido relacionado

<https://www.emavi.edu.co/es/investigacion/editorial-emavi>

Las instituciones editoras de esta obra no se hacen responsable de las ideas expuestas bajo su nombre, las ideas publicadas, los modelos teóricos expuestos o los nombres aludidos por los autores. El contenido publicado es responsabilidad exclusiva de los autores, no refleja la opinión de las directivas, el pensamiento institucional de las Universidades editoras, ni genera responsabilidad frente a terceros en caso de omisiones o errores.

El Sello Editorial de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” se adhiere a la filosofía de acceso abierto. Este libro está licenciado bajo los términos de la Atribución 4.0 de Creative Commons, que permite el uso, el intercambio, adaptación, distribución y reproducción en cualquier medio o formato, siempre y cuando se dé crédito al autor o autores originales y a la fuente.

Idioma

Español e inglés

ORGANIZADORES:

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA
DALILA VICTORIA RINCON

Palabras clave

Sismicidad, modelamiento matemático, variables matemáticas, toma de decisiones, nanocompuestos poliméricos, realidad virtual, física y super héroes, brecha digital, Amazon web.

Categoría/ Temática

Ciencias Básicas, Memorias, Conferencias.

Detalle de la publicación

“Hablando de Ciencia en EMAVI” se ha concebido como un espacio de divulgación en temas científicos y de interés general, orientado a los cadetes de la EMAVI para que contribuya con el logro de la misión institucional dejando huella en la comunidad académica del alma mater de la oficialidad de la Fuerza Aérea Colombiana. Para tal efecto se invitan ponentes, generalmente docentes con trayectoria en universidades de prestigio, que han dedicado buena parte de su vida a la formación educativa desde la enseñanza y/o la investigación para que compartan experiencias con los docentes, cadetes y en general con la comunidad académica de EMAVI.

Las memorias del evento “Hablando de Ciencia en EMAVI” constituye un documento que deja grabado este esfuerzo para la posteridad.

ÍNDICE

	Pág.
Introducción	5
Agradecimientos	9
Aportes a la caracterización sismo tectónica de la costa pacífica colombiana y de la placa de nazca por análisis estadístico de sismicidad – SSA.	10
Modelamiento matemático de la dinámica de transmisión de enfermedades infectocontagiosas: un modelo para leishmaniasis y el caso de enfermedades transmitidas a través del aire.	19
El ciclo de las políticas públicas y las variables matemáticas en el proceso de toma de decisiones.	41
La Nanocompuestos poliméricos aplicados a textiles técnicos en el sector automotriz: un estudio de revisión.	54
Aplicaciones de la realidad virtual en la EMAVI.	82
La física detrás de los Super héroes.	93
Cruzar la brecha digital en aeroespacial & defensa con AMAZON WEB.	138

INTRODUCCIÓN

Las conferencias en el marco del evento “Hablando de Ciencia en EMAVI” fueron realizadas entre el 9 de julio y el 5 de noviembre de 2020, de manera virtual mediante la plataforma Zoom, vía RUAV. Las maravillosas ponencias de los ilustres invitados al evento y la participación de los cadetes permiten pensar que el esfuerzo vale la pena y deja en evidencia las bondades de ampliar el espectro de saberes de los cadetes de la escuela.

Vale destacar el apoyo de los oficiales del grupo académico que participaron como presentadores de cada una de las conferencias. Ese apoyo constituye una voz de aliento para seguir adelante en el empeño de fortalecer la cultura académica en el alma mater de la oficialidad de la Fuerza Aérea Colombiana.

La conferencia “APORTES A LA CARACTERIZACIÓN SISMOTECTÓNICA DE LA COSTA PACÍFICA COLOMBIANA Y DE LA PLACA DE NAZCA POR ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE SISMICIDAD - SSA” a cargo del Físico ALBERTO BENAVIDEZ HERRAN se llevó a cabo con un total de 126 asistentes. Fue presentada por el señor Subteniente HAROLD ALEXANDER NARVÁEZ CISNEROS, Coordinador Educativo Ciencias Básicas- Grupo Académico-Grupo académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”. La conferencia hace un aporte a la caracterización sismo tectónica de la Placa Oceánica de Nazca y de la parte sumergida de la Placa Continental de Suramérica, frente a la Costa Pacífica Colombiana.

La conferencia “MODELAMIENTO MATEMÁTICO DE LA DINÁMICA DE TRANSMISIÓN DE ENFERMEDADES INFECTOCONTAGIOSAS: UN MODELO PARA LEISHMANIASIS Y EL CASO DE ENFERMEDADES TRANSMITIDAS A TRAVÉS DEL AIRE” se llevó a cabo con un total de 96 asistentes a cargo del matemático MARLIO PAREDES GUTIERREZ. Fue presentada por el señor Subteniente. HAROLD ALEXANDER NARVÁEZ CISNEROS, Coordinador Educativo Ciencias Básicas- Grupo Académico- Grupo académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”. La conferencia planteo formas en las que las enfermedades infectocontagiosas se pueden propagar: Directamente desde el individuo infectado, a través de sus secreciones, su piel o sus mucosas, o indirectamente, a partir de la contaminación del aire o de la interacción con aerosoles.

La conferencia “**EL CICLO DE LAS POLITICAS PUBLICAS Y LAS VARIABLES MATEMATICAS EN EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES**” se llevó a cabo con un total de 88 asistentes incluidos Alféreces y Cadetes (82), docentes (4), oficiales (1), funcionarios grupo académico (1). Fue presentada por el señor **MY JULIO CESAR BASANTE BRAVO** Jefe Sección Planeación-Grupo académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”. La conferencia planteó el concepto de Ciencia Política con las Políticas Públicas e hizo una conceptualización de la relación de esta disciplina con el Estado y el mercado. El componente matemático se analizó desde la interpretación subjetiva en el proceso de toma de decisiones que se explicaron transversalmente de acuerdo con el nivel de información limitada o extendida con la que pueda contar el actor que se conoce como agente público.

La conferencia “**NANOCOMPUESTOS POLIMÉRICOS APLICADOS A TEXTILES TÉCNICOS EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ: UN ESTUDIO DE REVISIÓN**” se llevó a cabo con un total de 98 asistentes incluidos Alféreces y Cadetes (92), docentes (4), oficiales (1), funcionarios grupo académico (1). Fue presentada por el señor **MY JULIO CESAR BASANTE BRAVO** Jefe Sección Planeación-Grupo académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”. La conferencia planteo el concepto de polímero de manera general dividiéndolos en tres categorías: Polímeros, polímeros funcionales y polímeros inteligentes. finalmente se trató el tema de las aplicaciones en Biotecnología, almacenamiento óptico, conducción eléctrica o térmica y particularmente el de los textiles técnicos como elementos de refuerzo o como componentes de seguridad.

La conferencia “**APLICACIONES DE REALIDAD VIRTUAL EN LA EMAVI**” se llevó a cabo con un total de 182 asistentes incluidos Alféreces y Cadetes (175), docentes (6), oficiales (1). Fue presentada por el señor Mayor **JULIÁN ANDRÉS DELGADO MARTÍNEZ**-Sección Egresados-Grupo Académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”. En la conferencia se presentaron los desarrollos al interior de la escuela en los que se han aplicado técnicas de realidad virtual, especialmente la implementación del proyecto que tiene como título “Sistema interactivo virtual basado en gamificación para la instrucción básica militar en el área del manejo del armamento por parte del Grupo de Seguridad y Defensa de bases No. 10 de la Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suarez”.

La conferencia “**LA FÍSICA DETRÁS DE LOS SUPER HÉROES**” se llevó a cabo con un total de 146 asistentes incluidos Alféreces y Cadetes (137), docentes (7), oficiales (2). Fue presentada por el señor Capitán **JUAN CARLOS ZAMORA CRESPO**-Director Programa de Ingeniería mecánica PIMEC-Grupo Académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”. En la conferencia se plantearon preguntas acerca de los poderes de los héroes de la televisión y el cine tales como ¿Porque es que vuela Superman?, ¿Cómo magneto puede manipular el metal?, ¿Por qué Spiderman no pudo salvar su novia Gwen Stacy?, ¿Qué debe de comer Flash para recuperar sus energías después de recorrer la ciudad?, ¿Será que a pesar de sus súper poderes existe algo en lo que al menos podamos competir con ellos? con el propósito de ofrecer respuestas a estas y otras curiosidades inherentes a lo súper héroes desde la óptica de las leyes de Newton, la ley de la conservación del momentum entre otras.

La conferencia “**CRUZAR LA BRECHA DIGITAL EN AEROESPACIAL & DEFENSA CON AMAZON WEB SERVICES**” se llevó a cabo con un total de 272 asistentes (216 computadores conectados) incluidos Alféreces y Cadetes (265), docentes (6), oficiales (1). Fue presentada por señor Subteniente **HAROLD ALEXANDER NARVÁEZ CISNEROS**, Coordinador Educativo Ciencias Básicas- Grupo Académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”. En la conferencia se presentó la forma de enfrentar los desafíos, solución y beneficios que tiene la industria Aeroespacial & Defensa de crear nuevas experiencias, obtener ideas accionables de los datos y reducir los costos de servicio mediante los servicios que ofrece AWS. Entre los servicios se mencionó los

servicios de Analítica, Estación Satelital Terrestre, y Machine Learning / Inteligencia Artificial.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a la señora teniente coronel YADIRA CARDENAS POSSO, comandante-Grupo académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”.

Agradecimientos especiales a la Sección Recursos Educativos SERED bajo la dirección del señor suboficial C3 Bedoya González Cristian Camilo y el apoyo de los funcionarios Jaime Rosero, Inés Mellizo y el contratista Camilo Villegas.

Agradecimiento a la señorita teniente ANDREA CAROLINA GOMEZ RUGE, jefe Sección Investigación-Grupo Académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”.

Finalmente, un agradecimiento muy especial al señor Subteniente HAROLD ALEXANDER NARVAEZ CISNEROS, coordinador Educativo Ciencias Básicas-Grupo académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”. Apreciamos mucho su apoyo.



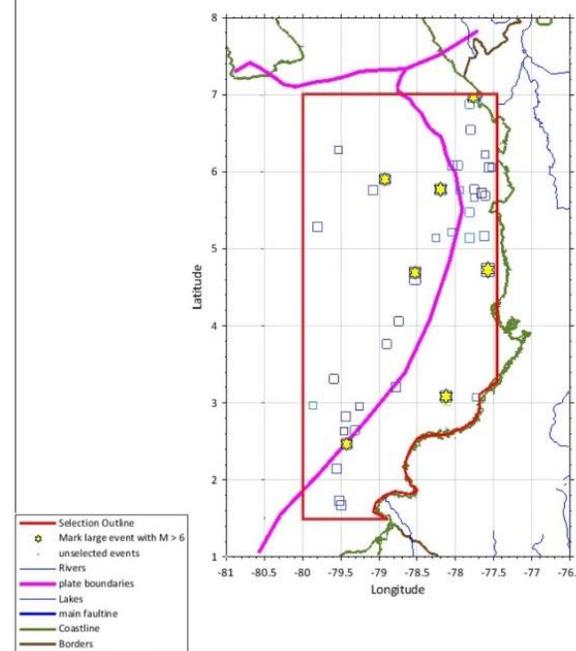
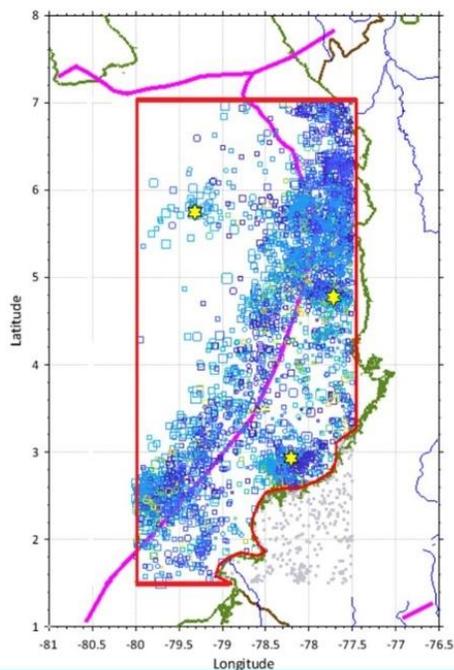
FUERZA AÉREA COLOMBIANA

ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"

GRUPO ACADÉMICO - PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS



Hablando de Ciencia en EMAVI



Conferencia: "APORTES A LA CARACTERIZACIÓN SISMOTECTÓNICA DE LA COSTA PACÍFICA COLOMBIANA Y DE LA PLACA DE NAZCA POR ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE SISMICIDAD - SSA"

Conferencista:

Alberto Benavides-Herrán

Enlace:

<https://lobby.sar.ruav.edu.co/#/WQDYF84NZBO>

09 JUEVES
JULIO | 10:00
2020 | A.M.

**“APORTES A LA CARACTERIZACIÓN SISMOTECTÓNICA DE LA
COSTA PACÍFICA COLOMBIANA Y DE LA PLACA DE NAZCA POR
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE SISMICIDAD - SSA”**



Perfil Profesional:

Alberto Benavides-Herrán

Físico, M.Sc. Ciencias-Física de la Universidad del Valle.

Profesor del Departamento de Ciencias Naturales y Matemáticas, Pontificia Universidad Javeriana Cali.

ORGANIZADORES:

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA
DALILA VICTORIA RINCON

“APORTES A LA CARACTERIZACIÓN SISMOTECTÓNICA DE LA COSTA PACÍFICA COLOMBIANA Y DE LA PLACA DE NAZCA POR ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE SISMICIDAD - SSA “

Alberto Benavides-Herrán*

Resumen: Se hace un aporte a la caracterización sismotectónica de la Placa Oceánica de Nazca y de la parte sumergida de la Placa Continental de Suramérica, frente a la Costa Pacífica Colombiana, analizando estadísticamente 3986 eventos. Estos sismos fueron registrados por la Red Sismológica Nacional de Colombia - RSNC dentro del polígono limitado por 80.00° W y 77.50° W y por 1.50° N y 7.00° N entre el 1 de junio de 1993 y el 28 de febrero de 2018. En un segundo catálogo de 45 sismos con magnitudes $M_w \geq 4.8$ descargados del Global Centroid Moment Tensor – GCMT, en la misma región y tiempo, se calculan Momentos Sísmicos, Deformación Sísmica y Tasas de Deformación sobre cuatro ambientes: al occidente y al oriente de la Fosa Colombo-ecuatoriana y al norte y al sur del paralelo 5.00° N. Las tasas de deformación en los cuatro ambientes varían entre 1.10 hasta 13.9×10^{-9} año⁻¹. Para el ambiente sismo tectónico correspondiente a la costa de Nariño y Cauca, se calcularon eventos entre 6.2 y 7.0 M_w .

Físico, M.Sc. Ciencias-Física de la Universidad del Valle.
Profesor del Departamento de Ciencias Naturales y Matemáticas, Pontificia Universidad Javeriana Cali.

Palabras clave: Caracterización Sismo tectónica, Análisis Estadístico de Sismicidad, Ambientes Sismo tectónicos, Placa Oceánica de Nazca.

Introducción y contenido.

Primero se hace un análisis estadístico de magnitud (FMD) sobre el catálogo de la RSNC, luego se obtiene la tasa acumulada de eventos, los histogramas de magnitud, de profundidad y de tiempo para la zona de estudio y después para los Ambientes Sismo tectónicos al occidente y al oriente de la Fosa Colombo-ecuatoriana (Salcedo y Pérez, 2016) dentro del polígono definido, con el software ZMAP7. Se realizan nueve perfiles de 20 km. de ancho y 100 km. de profundidad intentando cruzar clústeres o capturar eventos de $ML > 6$. Cinco de los nueve perfiles son perpendiculares a la Fosa Colombo-ecuatoriana y cuatro paralelos a ella o a la Costa.

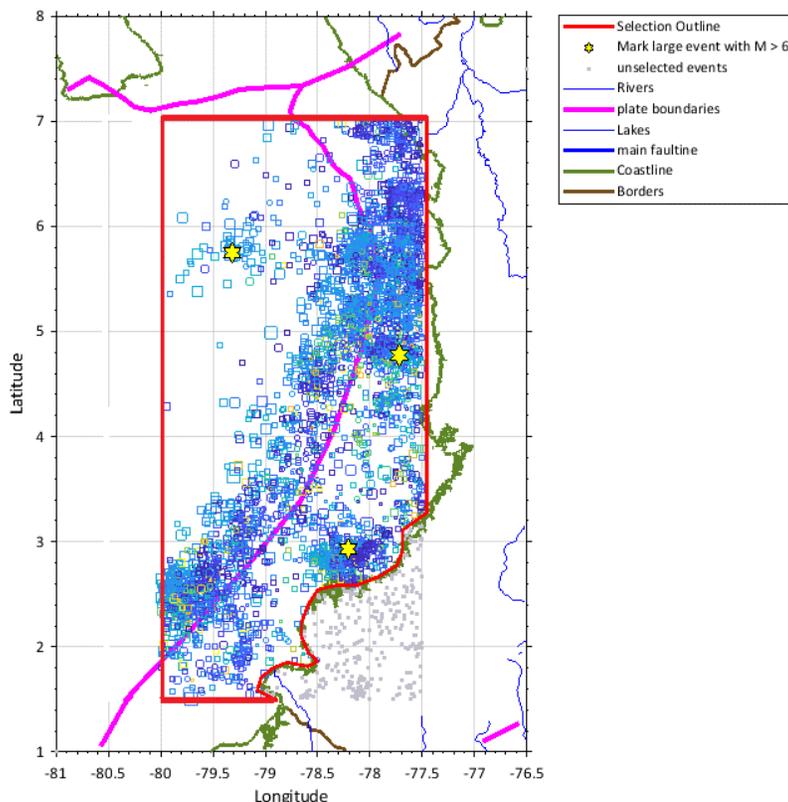


Figura 1. Mapa sísmico simplificado de la zona de estudio. En el polígono rojo quedan inscritos 3986 eventos con profundidades hasta 100 km registrados entre el 1 de junio de 1993 y el 28 de febrero de 2018. La línea magenta corresponde a la frontera entre las Placas Tectónicas de Nazca y de Suramérica frente al Litoral Pacífico Colombiano conocida como Fosa Colombo-ecuatoriana. Se destacan con estrellas amarillas los sismos con $M_L > 6$. Este mapa se construye con ZMAP7.

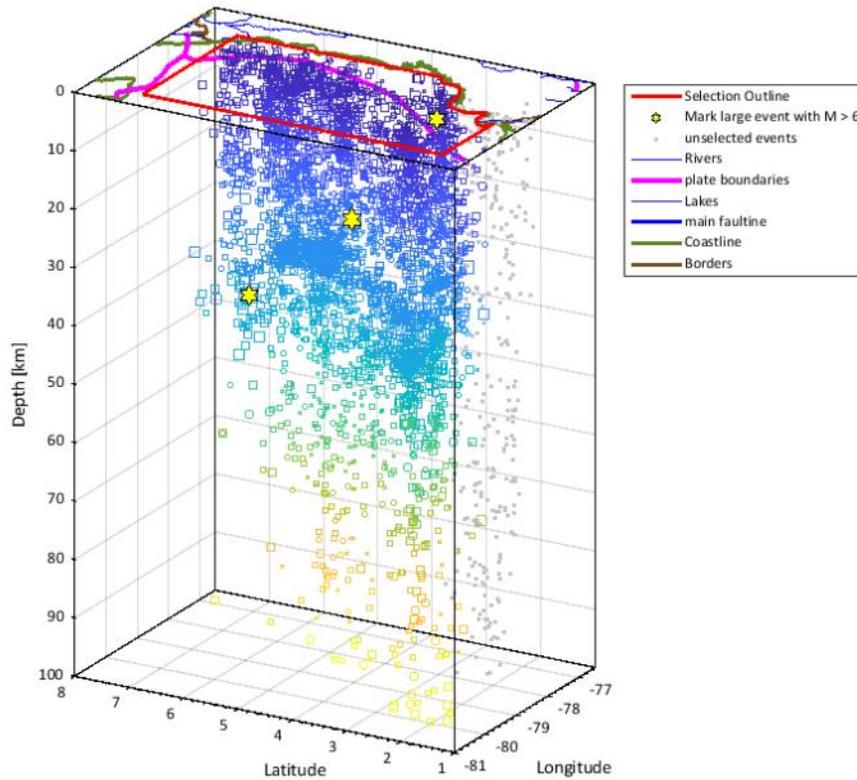


Figura 2. Mapa sísmico simplificado en tres dimensiones de la región de estudio. En el volumen limitado por el polígono rojo y 100 km de profundidad quedan inscritos 3986 eventos. La línea magenta corresponde a la Fosa Colombo-ecuatoriana. El mapa en 3D se construye con ZMAP7.

Posteriormente se descarga un segundo catálogo de 45 sismos con magnitudes $M_w \geq 4.8$ con sus correspondientes soluciones del Global Centroid Moment Tensor – GCMT, en la misma región y para el mismo rango de tiempo. A este catálogo también se le realiza, con ZMAP7, un análisis estadístico de magnitudes (FMD) y se establecen tasas acumuladas de eventos, histogramas de magnitud, profundidad y tiempo para los Ambientes Sismo tectónicos I y II. Se hace una partición estratégica del polígono que encierra la zona de estudio: los Ambientes

Sismo tectónicos I y II, al occidente y oriente de la Fosa Colombo-ecuatoriana se subdividen por el paralelo 5.00° N. para establecer las correspondientes partes norte y sur de cada ambiente.

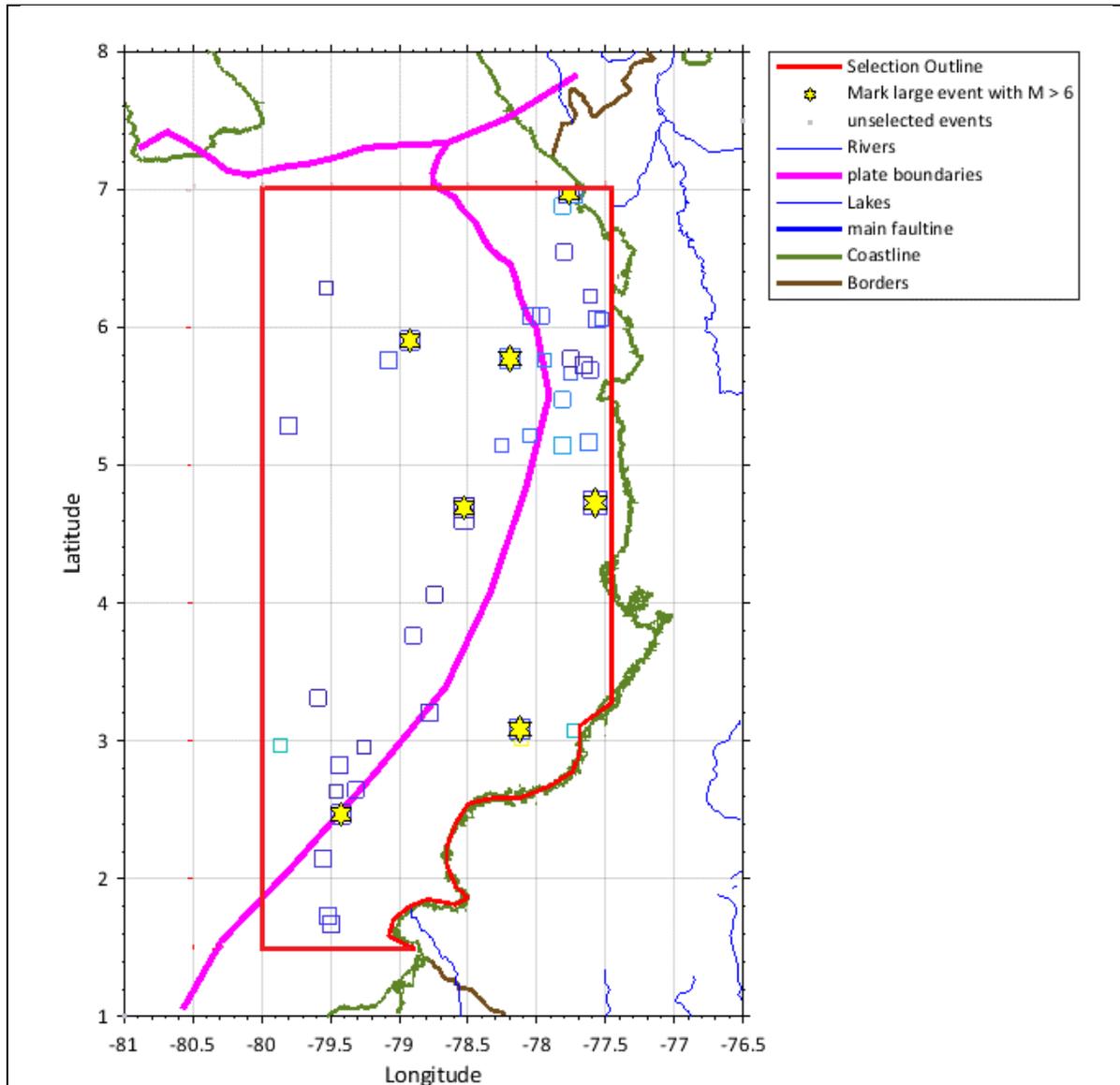
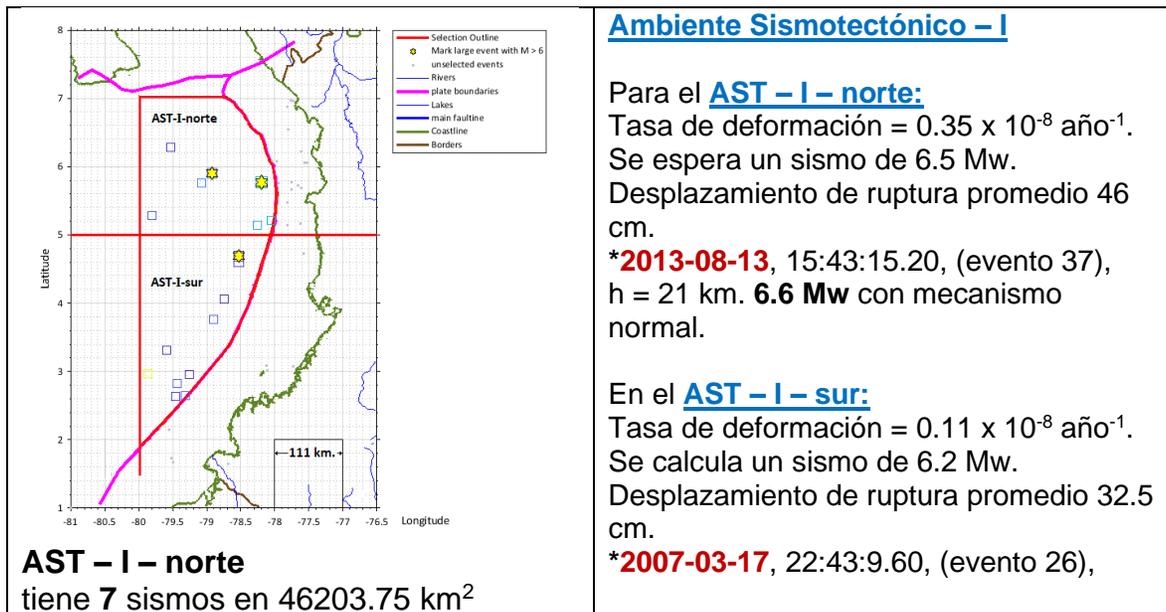


Figura 3. Mapa sísmológico simplificado de la región de estudio. En el polígono rojo quedan inscritos 45 eventos con $M_w \geq 4.8$. La línea magenta corresponde a la Fosa Colombo-ecuatoriana. Se destacan con estrellas amarillas los sismos con magnitud $M_w > 6.0$.

Partiendo del análisis de los mecanismos focales de los 45 eventos del catálogo GCMT, los planos de falla, los beach ball para cada sismo y el modelo de Kostrov (1974) se calculan los tensores de momento sísmico M , de deformación sísmica promedio y de tasa de deformación para el volumen de roca considerado en cada uno de los cuatro Ambientes Sismo tectónicos. De aquí se deduce si los ambientes son compresivos o distensivos, las magnitudes M_w esperadas con la ecuación de Kanamori (1977) y el deslizamiento promedio de ruptura con la ecuación de Kanamori y Astiz (1985).

El siguiente cuadro resume los principales parámetros estadísticos, los resultados de tasa de deformación, evento esperado y desplazamiento de ruptura para el Ambiente Sismo tectónico I, partes I y II.

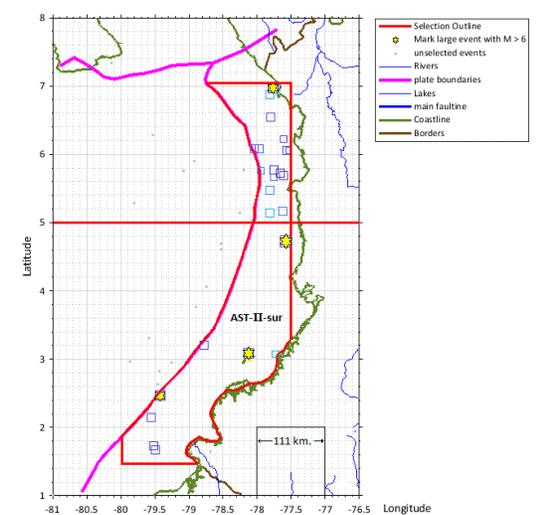


<p>AST – I – sur tiene 10 sismos en 46203.75 km²</p>	<p>h = 13 km. 6.0 Mw con mecanismo normal. *2007-03-18, 02:11:5.50, (evento 27), h = 12 km. 6.2 Mw con mecanismo normal.</p>
---	---

Se destaca que en **2013-08-13**, a las 15:43:15.20 ocurrió un evento **6.6 Mw** a 21 km. de profundidad en el **AST – I –norte** dónde se esperaba un Mw promedio de 6.5.

Se destaca también que en **2007-03-17**, a las 22:43:9.60 se presentó un sismo **6.0 Mw** con profundidad 13 km. y pocas horas después, el **2007-03-18** a las 02:11:5.50, otro sismo **6.2 Mw** con h = 12 km. en el **AST – I –sur** dónde se esperaba un Mw promedio de 6.2.

El cuadro siguiente presenta un resumen de los parámetros estadísticos y los resultados de la deformación sismo tectónica en el Ambiente Sismo tectónico II, partes norte y sur.

 <p>AST – II – norte tiene 17 sismos en 15401.25 km²</p> <p>AST – II – sur tiene 11 sismos en 43123.50 km²</p>	<p>Ambiente Sismotectónico – II :</p> <p>Para el AST – II – norte Tasa de deformación = 0.22×10^{-8} año⁻¹. Se calcula un evento de 6.5 Mw. Desplazamiento de ruptura promedio 32.5 cm. *2006-01-23, 20:50:45.00, (evento 23), h = 15 km. 6.2 Mw inverso.</p> <p>Para el AST – II – sur Tasa de deformación es 0.14×10^{-7} año⁻¹. Se calcula un evento de 7.0 Mw. Desplazamiento de ruptura de 81.5 cm. *2004-11-15, 09:06:56.60, (evento 21), h = 16 km. 7.2 Mw inverso.</p>
--	---

El **2006-01-23**, a las 20:50:45.00, se ocurrió un sismo de **6.2 Mw** con mecanismo inverso a 15 km de profundidad en el **AST – II – norte** dónde se esperaba un evento promedio de 6.5 Mw. También el

2004-11-15, a las 09:06:56.60, se presentó un evento de **7.2 Mw** con mecanismo inverso a $h=16$ km. en el ambiente **AST – II – sur** dónde se esperaba un sismo promedio de **7.0Mw**.

En este estudio de caracterización no se discriminó entre evento principal, réplica, y premonitorio. Se utilizaron todos los eventos registrados en los catálogos que cumplieron las condiciones. Un estudio posterior podría depurar las réplicas de los catálogos y entonces comparar los resultados.

Finalmente, Ambientes Sismo tectónicos más pequeños, más regionales, donde el volumen en la ecuación de Kostrov sea más pequeño y donde se tenga mejor información sobre la constante viscoelástica μ pueden arrojar mejores resultados. Se recomienda entonces particiones espaciales más pequeñas en particular cerca de la Costa Pacífica Colombiana.

Bibliografía

Global Centroid Moment Tensor Catalog - GCMT. (s.f.). Obtenido de <https://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>

Paris, G. M., M.N., D. R., & Haller, K. (2000). *Map and Database of Quaternary Faults and Folds in Colombia and its Offshore Regions*. Denver, Colorado, USA: U.S. Geological Survey (U.S.G.S).

Red Sismológica Nacional de Colombia - RSNC del servicio Geológico Colombiano. (s.f.). Recuperado el 25 de septiembre de 2018, de <https://www2.sgc.gov.co/sgc/sismos/Paginas/catalogo-sismico.aspx>

Salcedo, E., & Pérez, J. (2017). Deformación sismotectónica a partir de mecanismos focales de terremotos en el Valle del Cauca, Suroccidente de Colombia. *Revista Geológica de América Central*, 57, 23-43. doi:10.15517/rgac.v0i57.30043

Salcedo, E., & Pérez, L. (2016). Caracterización sismotectónica de la región del Valle del Cauca y zonas aledañas a partir de mecanismos focales de terremotos. *Boletín de Geología*. *Boletín de Geología*, 38, 89-107. doi:<http://dx.doi.org/10.18273/revbol.v38n3-2016006>

HABLANDO DE CIENCIA EN EMAVI – MEMORIAS

Servicio Geológico Colombiano, segunda edición. (2010). Obtenido de
http://srvags.sgc.gov.co/Flexviewer/Mapa_Geologico_Colombia_2015/
<http://www.colombiaround2010.com>

ORGANIZADORES:

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA
DALILA VICTORIA RINCON



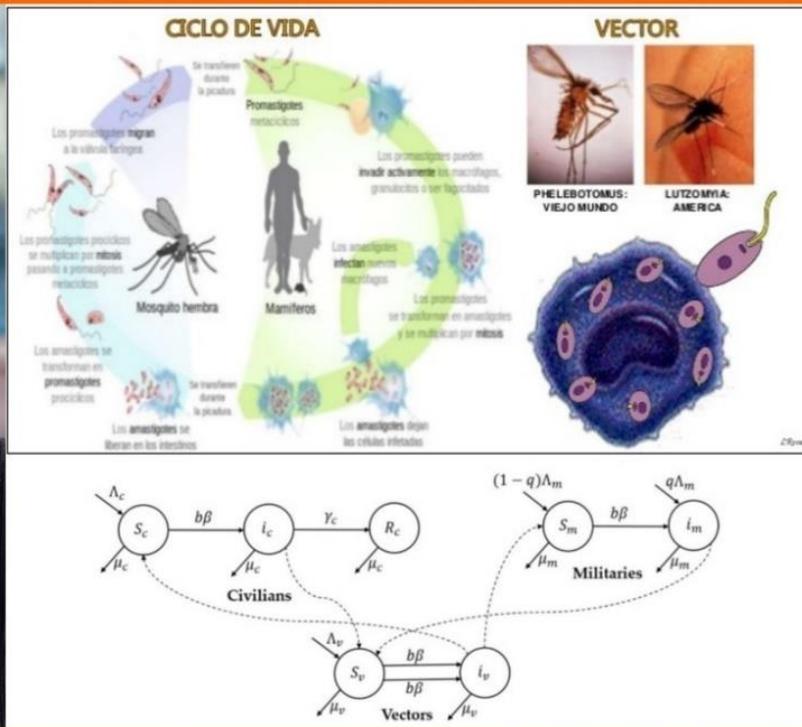
FUERZA AÉREA COLOMBIANA

ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"

GRUPO ACADÉMICO - PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS



Hablando de Ciencia en EMAVI



Conferencia: **“Modelamiento matemático de la dinámica de transmisión de enfermedades infectocontagiosas: un modelo para Leishmaniasis y el caso de enfermedades transmitidas a través del aire”**

Conferencista:

Ph.D. MARLIO PAREDES GUTIÉRREZ
Depto. Matemáticas - Universidad del Valle

Enlace:

<https://lobby.sar.ruav.edu.co/#/1216J24VKL44>

6

JUEVES
AGOSTO | **10:00**
2020 | **A.M.**

“MODELAMIENTO MATEMÁTICO DE LA DINÁMICA DE TRANSMISIÓN DE ENFERMEDADES INFECTOCONTAGIOSAS: UN MODELO PARA LEISHMANIASIS Y EL CASO DE ENFERMEDADES TRANSMITIDAS A TRAVÉS DEL AIRE”



Perfil Profesional:

Marlio Paredes Gutiérrez

Matemático y Magister en Matemáticas de la Universidad del Valle, Doctor en Matemáticas de la Universidad Estatal de Campinas, Brasil. Hizo una estancia de Postdoctorado en la Universidad de Uppsala, Suecia.

Profesor universitario por más de 30 años, profesor de tiempo completo (planta) en varias universidades nacionales e internacionales.

Colombia: Universidad Industrial de Santander, Universidad de Antioquia, Universidad Militar Nueva Granada y Universidad del Valle.

Puerto Rico: Universidad del Turabo y Universidad de Puerto Rico en Cayey

Estados Unidos: Universidad Estatal de Arizona

ORGANIZADORES:

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA
DALILA VICTORIA RINCON

Ha ocupado cargos administrativos tales como Director de Departamento y Director de Investigaciones de la Facultad de Ciencias en la Universidad Industrial de Santander.

“MODELAMIENTO MATEMÁTICO DE LA DINÁMICA DE TRANSMISIÓN DE ENFERMEDADES INFECTOCONTAGIOSAS: UN MODELO PARA LEISHMANIASIS Y EL CASO DE ENFERMEDADES TRANSMITIDAS A TRAVÉS DEL AIRE”

Marlio Paredes Gutiérrez*

Resumen: Las enfermedades infectocontagiosas son enfermedades de rápida transmisión que se contraen por exposición a agentes biológicos tales como bacterias, virus u hongos, los cuales se introducen al organismo humano causando enfermedades infecciosas, alergias o toxicidad. Estas enfermedades se pueden propagar directamente desde el individuo infectado, a través de sus secreciones, su piel o sus mucosas o, indirectamente, a partir de la contaminación del aire o de la interacción con aerosoles, ejemplos de estas enfermedades son la gripa, el SARS y el Covid19. Existen otras enfermedades en las que las personas infectadas no transmiten la enfermedad directamente, sino que se necesitan algunos intermediarios para su transmisión los cuales son llamados vectores, ejemplos de estas enfermedades son el dengue, el zika y la leishmaniasis. En esta charla presentamos algunos modelos matemáticos que nos permiten estudiar la dinámica de transmisión de enfermedades infectocontagiosas, particularmente hablaremos del caso de un brote de leishmaniasis en el año 2016 en el Tolima

*Departamento de Matemáticas Universidad del Valle,

debido al movimiento de tropas después de la firma de los acuerdos de paz y asimismo discutiremos sobre un modelo para estudiar algunas enfermedades que se pueden transmitir en aviones durante un vuelo.

Palabras clave: Modelamiento matemático, dinámica de transmisión, enfermedades infectocontagiosas, leishmaniasis.

1. Introducción

En este artículo presentamos algunas ideas sobre modelamiento matemático aplicado al estudio de la dinámica de transmisión de enfermedades infectocontagiosas.

Las enfermedades infectocontagiosas son enfermedades de rápida transmisión que se contraen por exposición a agentes biológicos microscópicos tales como bacterias, virus, protozoos u hongos, los cuales se introducen al organismo humano causando enfermedades infecciosas, alergias o toxicidad.

Este tipo de enfermedades se pueden propagar directamente desde el individuo infectado, a través de sus secreciones, su piel o sus mucosas o, indirectamente, a partir de la contaminación del aire o de la interacción con aerosoles, ejemplos de estas enfermedades son la gripa, el SARS y el Covid19.

Existen otras enfermedades en las que las personas infectadas no transmiten la enfermedad directamente, sino que necesitan algunos intermediarios para su transmisión los cuales son llamados vectores. Enfermedades transmitidas por vectores son por ejemplo dengue, zika, chikungunya, leishmaniasis, malaria, fiebre amarilla y oncocercosis (ceguera de los rios). En epidemiología se llama vector o vector de transmisión a un mecanismo, generalmente un organismo, que transmite un agente infeccioso desde los individuos afectados a otros que

todavía no son portadores de ese agente. La mayor parte de los vectores de enfermedades humanas son insectos hematófagos. Sin embargo, también pueden ser medios inanimados como partículas de polvo.

Los artrópodos transmiten el mayor número de patógenos. Muchos mosquitos, flebótomos, piojos, chinches hematófagas, pulgas y ácaros son hematófagos, que se alimentan de sangre en alguna parte o durante toda su vida. Cuando los insectos se alimentan de la sangre, el patógeno entra a la corriente sanguínea del huésped mediante diferentes formas. Los parásitos usualmente se localizan en las glándulas salivales del mosquito, las cuales son usadas por los mosquitos para anestesiarse al huésped y evitar la coagulación de la sangre. Así los parásitos son transmitidos directamente al flujo sanguíneo del huésped.

Las enfermedades tropicales son enfermedades infecciosas que son especialmente prevalentes en regiones tropicales y subtropicales. Son menos prevalentes en climas templados, debido en parte a la existencia de una estación fría que controla la población de vectores al forzarlos a hibernar.

Insectos como los mosquitos y las moscas y arácnidos como las garrapatas son los portadores de enfermedades o vectores más comunes. Estos insectos pueden transportar parásitos, bacterias o virus infecciosos para los seres humanos y los animales. La exploración de selvas tropicales, la deforestación, la creciente inmigración y el tráfico aéreo internacional ha llevado a una incidencia progresivamente globalizada de tales enfermedades.

En 1975 la UNICEF, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD, el Banco Mundial y la Organización Mundial de la Salud establecieron el *Programa especial para*

investigación y capacitación en enfermedades tropicales el cual se centra en las *enfermedades infecciosas desatendidas*.

Las enfermedades tropicales desatendidas (a menudo designadas por sus siglas en inglés NTD) son un grupo de diversas enfermedades tropicales frecuentes en el seno de las poblaciones de bajos ingresos en regiones en desarrollo de África, Asia, América Central y América del Sur. Estas enfermedades son causadas por varios patógenos entre los que destacan los parásitos helmintos o los protozoos, pero igualmente los virus y las bacterias: Lepra, Chagas, Leishmaniasis, Oncocercosis (ceguera del río), entre otras.

2. Modelos Matemáticos

Los modelos matemáticos son caricaturas de la realidad, quizás caricaturas inteligentes, pero que no dejan de ser visiones altamente simplificadas de la realidad que capturan la esencia del problema. En el contexto epidemiológico, los modelos han servido históricamente, y lo siguen haciendo, para resolver problemas como, por ejemplo, los estudios de dispersión epidémica en poblaciones de vectores y humanos siguiendo individuos, simulando redes y aproximando la dinámica espacial observada; estudios e investigaciones de dinámicas intrahospedero y los efectos de fármacos sobre los patógenos y el sistema inmune humano; análisis costo-beneficio en salud pública; estudios para la exploración de las consecuencias de intervenciones improbables o poco éticas. En todos estos ejemplos, las ventajas obtenidas por el uso de modelos matemáticos son claridad, precisión, generalidad y exactitud. (Velasco-Hernández, 2012).

Los modelos matemáticos tienen limitaciones, no son la panacea para resolver problemas complejos, pero proporcionan una herramienta útil y versátil si es bien utilizada. Un modelo es

tan bueno como los datos con los que se valida, las hipótesis que lo justifican, sus análisis de sensibilidad e incertidumbre y la interpretación de sus resultados. Podemos confiar en un modelo si mínimamente predice correctamente datos preexistentes y es validado conforme nuevos datos son conocidos. Algunas ventajas metodológicas son que confieren agudeza en el entendimiento de procesos fundamentales, permiten comparar alternativas de políticas e intervención, proporcionan un apoyo en la toma de decisiones, constituyen herramientas para la capacitación y el entrenamiento, permiten la parametrización y el control en la evaluación del riesgo y proporcionan predicción de tendencias (Brauer and Castillo-Chavez, 2012).

En resumen, podemos decir que los modelos matemáticos son explicaciones simples consistentes con la realidad y de amplio uso en las ciencias por sus características de: abstracción, simplificación, herramientas experimentales, herramientas metodológicas, capturar y descubrir sistemáticamente fenómenos. Por estas razones los modelos matemáticos pueden ser usados para predecir el clima, revisar escenarios financieros, guiar la recolección de datos (cantidad, calidad objetivo de la información), darles sentido a los datos (descubrimiento de patrones), experimentar computacionalmente, entre muchas otras utilidades.

Una regla fundamental en la modelación matemática: empezar con un modelo simple. Si funciona muy bien, pero si no funciona mejorarlo (incrementar complejidad o realismo). Este principio de simpleza es particularmente útil en la modelación de sistemas complejos pues

- Modelos sencillos son fáciles de entender, pero pueden ser poco realistas
- Modelos complejos pueden ser más realistas pero difíciles de entender

- El tipo de modelo depende de lo que preguntamos y de lo que sabemos del problema (escala necesaria)
- Los modelos proporcionan generalidad, realismo y precisión

2.1. El modelo de Kermack-McKendrick

Dada una enfermedad particular dividimos la población en los siguientes grupos o poblaciones

S: llamamos susceptibles a aquellos individuos que pueden contagiarse de la enfermedad y padecerla.

E: llamaremos expuestos a los individuos que han sido contagiados, pero todavía no son infecciosos

I: llamaremos infecciosos a aquellos que han sido contagiados y son capaces, además de transmitir la enfermedad a otro individuo

R: llamaremos individuos inmunes o recuperados a aquellos individuos que se han recuperado de la enfermedad y además han adquirido inmunidad, permanente o temporal, a la enfermedad.

Estos modelos son llamados modelos compartimentales y tenemos varios tipos de ellos:

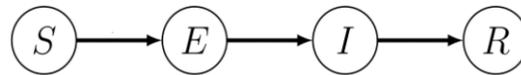
- 1) Enfermedades tipo SIS (gripa común), los individuos susceptibles son infecciosos inmediatamente se enferman y cuando sanan vuelven a ser susceptibles



- 2) Enfermedades tipo SIR (sarampión): los individuos susceptibles se infectan y son infecciosos, después se recuperan y adquieren inmunidad



- 3) Enfermedades tipo SEIR (covid-19): existen enfermedades las cuales tienen un período de latencia, los individuos infectados no tienen síntomas y no siempre pueden transmitir la enfermedad (expuestos)



En cualquiera de los modelos anteriores debemos entender que los individuos evolucionan de un estado o compartimento a otro con ciertas tasas. También se consideran efectos demográficos, es decir, nacimientos y muertes.

Un principio importante es el siguiente: si u representa una clase epidemiológica o población (susceptibles, infectados, recuperados) entonces la tasa de cambio del número de individuos en la clase epidemiológica está dada por

$$\frac{du}{dt} = \text{entradas} - \text{salidas}$$

donde las entradas representan nacimientos, inmigración o entrada de individuos provenientes de otro estado de salud. Las salidas representan muerte, emigración o salida de individuos del estado de salud u .

Si S es el número total de individuos susceptibles e I es el número de individuos infecciosos entonces el número total de contactos infecciosos es proporcional al producto SI . Se acostumbra llamar β esa constante de proporcionalidad, entonces el número total de contactos

infecciosos por unidad de tiempo es βSI . Esta constante β se puede descomponer en dos factores $\beta = c\phi$, donde c es el número de contactos por individuo por unidad de tiempo y ϕ es la probabilidad de que un contacto transmita exitosamente la infección.

Se dice que tenemos un brote epidémico si la tasa de cambio del número de personas infectadas o enfermas es positiva, es decir $\frac{dI}{dt} > 0$. Algunas consideraciones a este respecto son:

- ✓ El número de infecciones inicial es generado por un número pequeño de gente enferma
- ✓ La población susceptible nunca ha estado expuesta al patógeno
- ✓ La población susceptible es homogénea con respecto a su vulnerabilidad respecto del patógeno (no diferencia el sexo, la edad, precondiciones médicas, genéticas, etc)

2.2. El modelo SIR

El primer modelo matemático del que queremos hablar es el clásico modelo SIR considerando solamente procesos epidémicos, es decir, sin demografía o sin nacimientos ni muertes. El modelo está dado por el siguiente sistema de ecuaciones diferenciales

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = -\beta SI \\ \frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I \\ \frac{dR}{dt} = \gamma I \end{cases}$$

aquí β es llamada la tasa de infección y γ la tasa de recuperación.



ORGANIZADORES:

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA
DALILA VICTORIA RINCON

Observemos que $\frac{dS}{dt} + \frac{dI}{dt} + \frac{dR}{dt} = 0$ lo que quiere decir que la población total $N = S + I + R$ es constante.

El modelo SIR es razonablemente predictivo para enfermedades infecciosas que se transmiten de humano a humano, y donde la recuperación confiere resistencia duradera, como el sarampión, las paperas y la rubéola. Durante una epidemia, el número de individuos susceptibles disminuye rápidamente a medida que más de ellos se infectan y así ingresan a los compartimentos infecciosos y recuperados. La importancia de este aspecto dinámico es más evidente en una enfermedad endémica con un período infeccioso corto, como sucedía con el sarampión en Inglaterra antes de la introducción de una vacuna en 1968. Por ejemplo, la malaria es endémica en países tropicales como Colombia, Brasil y El Salvador.

Las poblaciones pueden ser normalizadas haciendo $x = \frac{\beta}{\gamma}S$, $y = \frac{\beta}{\gamma}I$, $z = \frac{\beta}{\gamma}R$, de donde

$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI \Rightarrow \frac{\beta}{\gamma} \frac{dS}{dt} = -\gamma \left(\frac{\beta}{\gamma}S\right) \left(\frac{\beta}{\gamma}I\right) \Rightarrow \frac{dx}{dt} = -\gamma xy,$$

así el nuevo sistema normalizado se escribe como

$$\begin{cases} x' = -\gamma xy \\ y' = \gamma(xy - y) \\ z' = \gamma y \end{cases}$$

Si ahora hacemos $\tau = \gamma t$ entonces el sistema toma la forma

$$\begin{cases} x' = -xy \\ y' = xy - y \\ z' = y \end{cases}$$

2.3. El número reproductivo básico R_0

El número reproductivo básico es el concepto central de la epidemiología matemática. Este nos dice el número de infecciones secundarias promedio que produce un individuo infeccioso durante el tiempo de infectividad en una población totalmente susceptible. Es decir que si $R_0 > 1$ un brote epidémico puede ocurrir puesto que cada caso da lugar a más de un caso. Esta propiedad convierte al número reproductivo básico en un indicador de la capacidad que tiene una población hospedera para esparcir la infección y un indicador de la severidad de la epidemia.

Para que una infección que depende de la transmisión de persona a persona sea endémica, cada persona que se infecta con la enfermedad debe transmitirla a una persona en promedio. Suponiendo una población completamente susceptible, eso significa que el número reproductivo básico R_0 de la infección debe ser igual a uno. En una población con algunos individuos inmunes, el número de reproducción básica multiplicado por la proporción de individuos susceptibles en la población debe ser igual uno. De esta manera, la infección no se extingue ni el número de personas infectadas aumenta exponencialmente, pero se dice que la infección está en un estado estacionario endémico. Una infección que comienza como una epidemia eventualmente desaparecerá (con la posibilidad de que resurja de una manera cíclica predecible teóricamente) o alcanzará el estado estacionario endémico, dependiendo de una serie de factores, incluida la virulencia de la enfermedad y su modo de transmisión.

Volviendo a nuestro sistema de ecuaciones, consideremos la ecuación correspondiente a la población de infectados $\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I$, la cual podemos escribir así $\frac{dI}{dt} = \gamma I \left(\frac{\beta}{\gamma} S - 1 \right)$. Para que

se desate una epidemia la velocidad de crecimiento de la población de infectados debe ser mayor que cero, es decir

$$\frac{dI}{dt} = \gamma I \left(\frac{\beta}{\gamma} S - 1 \right) > 0 \Rightarrow \frac{\beta}{\gamma} S - 1 > 0 \Rightarrow \frac{\beta}{\gamma} S > 1.$$

El número $\frac{\beta}{\gamma} S$ es el número de infecciones secundarias promedio por individuo infeccioso. Si pensamos que toda la población es susceptible, es decir $S = N$, por tanto, el número reproductivo básico en este caso es $R_0 = \frac{\beta}{\gamma} N$. Al inicio de la epidemia o sea para t pequeño podemos suponer que $S \approx N$ entonces usando la ecuación para I tenemos

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I = (\beta N - \gamma)I = \gamma \left(\frac{\beta}{\gamma} N - 1 \right) I = \gamma (R_0 - 1) I \Rightarrow \ln(I) = \gamma (R_0 - 1) t + C$$

De donde obtenemos

$$I(t) = I_0 e^{\gamma (R_0 - 1) t}$$

es decir que al inicio de la epidemia el número de infectados crece exponencialmente. En la Figura 1 se muestra el caso del Covid-19 al inicio de la pandemia en Colombia.

2.4. Modelo SIR con demografía

El modelo básico de Kermack-McKendrick no considera procesos demográficos como nacimientos y muertes. Consideremos ahora que la población de susceptibles se renueva por



nacimientos, supondremos que la tasa de nacimiento es μ y que esta es igual a la tasa de mortalidad.

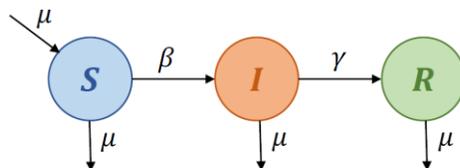
Figura1. Crecimiento exponencial del Covid-19 en Colombia

En este caso el sistema de ecuaciones diferenciales del modelo es

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = \mu N - \beta SI - \mu S \\ \frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I - \mu I \\ \frac{dR}{dt} = \gamma I - \mu R \end{cases}$$

En este caso el número reproductivo básico es $R_0 = \frac{\beta N}{\mu + \gamma}$. Podemos representar el modelo con

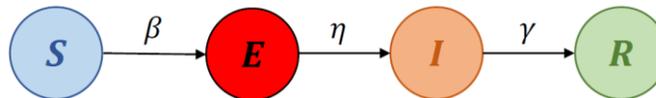
el siguiente diagrama de flujo



2.5. El modelo SEIR

Enfermedades como la influenza y otras enfermedades tipo SIR son más complicadas que la descripción posible a través del modelo SIR anterior. Uno de los problemas que se puede manejar usando la matemática es el período de latencia de la enfermedad que definimos como el tiempo que tarda la enfermedad en ser transmisible en un individuo dado. Si denotamos por E el compartimento de los individuos en estado latente y por η la tasa de paso a la etapa infecciosa entonces el modelo toma la forma. En este caso el sistema de ecuaciones diferenciales del modelo es

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = -\beta SI \\ \frac{dE}{dt} = \beta SI - \eta E \\ \frac{dI}{dt} = \eta E \\ \frac{dR}{dt} = \gamma I \end{cases}$$



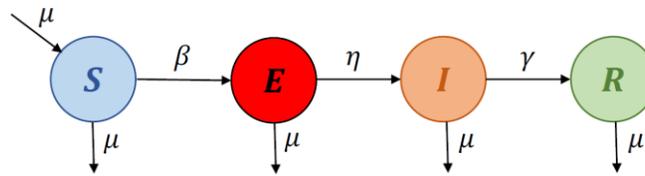
El número reproductivo básico en este caso es $R_0 = \frac{\beta}{\gamma} N$.

2.6. El modelo SEIR con demografía

Consideremos ahora, como en el caso del modelo SIR con demografía, que la población de susceptibles se renueva por nacimientos, supondremos que la tasa de nacimiento es μ y que esta es igual a la tasa de mortalidad.

En este caso el sistema de ecuaciones diferenciales del modelo es

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = \mu N - \beta S \frac{I}{N} - \mu S \\ \frac{dE}{dt} = \beta S \frac{I}{N} - \eta E - \mu E \\ \frac{dI}{dt} = \eta E - \gamma I - \mu I \\ \frac{dR}{dt} = \gamma I - \mu R \end{cases}$$



El número reproductivo básico en este caso es $R_0 = \frac{\beta\eta}{(\eta+\mu)(\gamma+\mu)}$.

3. Algunos trabajos de modelamiento matemático

En esta sección presentamos tres trabajos relacionados con el modelamiento matemático de enfermedades infectocontagiosas.

3.1. Un modelo para leishmaniasis

La leishmaniasis es una enfermedad olvidada o descuidada (neglected) causada por un protozoo transmitido por mosquitos de la familia de los flebótomos. En Colombia se han reportado 9 tipos de parásitos que producen leishmaniasis y en Ecuador 7 tipos.

75% de la Leishmaniasis cutánea está concentrada en 10 países incluidos Brasil, Perú, Nicaragua, Ecuador y Colombia. En Colombia se ha reportado en 22 departamentos y en Ecuador se ha reportado en 23 de las 24 provincias del país.

Esta enfermedad ha afectado en Colombia a militares, guerrilleros y paramilitares. Cada año se reportan entre 1.5 y 2 millones de casos nuevos, la OMS dice que hay más de 350 millones de personas en el mundo en riesgo de contraer la leishmaniasis.

En 2019, Morales et al. publicaron, en la prestigiosa revista *Journal of the Royal Society Interface*, el artículo “Data scarcity and ecological complexity: the cutaneous leishmaniasis dynamics in Ecuador”. Este estudio utiliza datos de vigilancia y datos entomológicos de Ecuador juntos por primera vez, cuantifica las tasas de infección en hospedadores alternativos potenciales, intenta comprender el impacto de la presencia de hospederos alternativos y las preferencias de alimentación del vector en la dinámica de transmisión de la leishmaniasis, estima los niveles de subreporte de casos y sugiere políticas de control efectivas para esta región de recursos limitados.

Para el desarrollo del estudio se usa un modelo compuesto por 3 submodelos articulados entre si, uno para los humanos, otro para los vectores y otro para una población de aves de las cuales se alimentan los flebótomos. Las conclusiones más relevantes del trabajo son:

- ✓ La densidad poblacional de los mosquitos es crítica para el establecimiento de la enfermedad en regiones susceptibles.
- ✓ Utilizando los datos del estudio de campo, se observa que la intensidad de transmisión (vía preferencia de alimentación) a través de reservorios de huéspedes (aves) incrementa las estimaciones de R_0 .
- ✓ La mejora en la vigilancia disminuye linealmente la prevalencia en huéspedes humanos.
- ✓ Un análisis de sensibilidad sobre R_0 confirmó la necesidad de mejorar la vigilancia de la población de mosquitos y de la población de reservorios (aves).

- ✓ El estudio provee una herramienta para la toma de decisiones en el control de Leishmaniasis en áreas endémicas en Ecuador.

3.2. Otro trabajo sobre leishmaniasis

En 2018, Mubayi, Paredes y Ospina publicaron el artículo “A comparative assessment of epidemiologically different cutaneous leishmaniasis outbreaks in Madrid, Spain and Tolima, Colombia: an estimation of the reproduction number via a mathematical model”, este trabajo intenta comprender tres brotes importantes de leishmaniasis, el primero en Madrid, España de 2009 a 2012 y el segundo y tercer brotes en Tolima, Colombia, ambos ocurrieron en 2016. El brote en Madrid fue iniciado principalmente por perros, que son reservorios de la enfermedad, y los brotes en Tolima se iniciaron por el movimiento de soldados, en particular los que venían de la selva a las zonas urbanas después de permanecer en los bosques por largos períodos de tiempo.

En este trabajo, se estudia la dinámica de la leishmaniasis en España y Colombia utilizando un modelo simple para enfermedades transmitidas por vectores, incorporando características locales y datos sobre la enfermedad. Se usa el modelo específico del país para estimar el potencial de transmisión de cada uno de los tres brotes mediante tres procedimientos novedosos de estimación de parámetros. Estas dos regiones fueron seleccionadas por sus características distintivas relacionadas con la enfermedad y para resaltar la comparación del potencial de transmisión entre regiones ecológica y económicamente diferentes. Los parámetros estimados del modelo se utilizaron luego para estimar el número de reproducción local para cada brote y cada región. La diferencia en el número reproductivo básico entre

regiones podría arrojar luz sobre las posibles diferencias en la desigualdad en salud, la inmunidad de la población y la transmisibilidad de la leishmaniasis. Esta información también es importante para diseñar políticas de control efectivas.

Entre las conclusiones más importantes de esta investigación podemos señalar las siguientes:

- ✓ Los resultados sugieren una diferencia en los sistemas de notificación de los dos países y períodos infecciosos y latentes potencialmente diferentes entre las regiones.
- ✓ El brote en Madrid alcanzó su punto máximo en los meses de invierno (diciembre y enero) en comparación con el brote en Tolima, donde la mayor incidencia se observó en primavera (abril) y otoño (en octubre).
- ✓ Cada uno de los brotes de Tolima fue de corta duración (1/2 año), mientras que el brote en Madrid duró 3 años (el brote de Madrid fue de 2009 a 2012, mientras que los dos brotes de Tolima ocurrieron durante 2016).
- ✓ Los perros como reservorios fueron importantes en el ciclo de transmisión de Madrid, pero en el brote de Tolima, la población militar o guerrilla que se movió con frecuencia jugó un papel crítico en su propagación.
- ✓ Los resultados de este estudio sugieren una perspectiva de One Health, por ejemplo, si los animales son reservorios clave de leishmaniasis, las intervenciones no deberían centrarse solo en el ser humano, sino que los programas de control deberían ser heterogéneos, centrándose en los hospederos humanos y animales.

3.3. Un caso de enfermedades transmitidas a través del aire

En el mundo “viajan” aproximadamente 2.800 millones de personas por año en vuelos comerciales. Las infecciones pueden propagarse en la aeronave a través del contacto cercano (Ébola) y gotas grandes (Influenza, Covid19); propagación en el aire a través de aerosoles de partículas pequeñas, como en el caso del síndrome respiratorio agudo severo (SARS); o incluso a través de alimentos contaminados (cólera).

En 2017, Namilae et al. publicaron el artículo “Multiscale model for pedestrian and infection dynamics during air travel”, en el cual los autores desarrollan un modelo multiescala que combina el movimiento de peatones basado en la fuerza social con un marco dinámico de transmisión de infección estocástica a nivel de población.

El modelo fue aplicado para estudiar la transmisión de la infección dentro de los aviones y la transmisión del virus Ébola a través de contactos casuales. En la Tabla 1 se presentan algunas enfermedades infecciosas que pueden transmitirse a través del transporte aéreo.

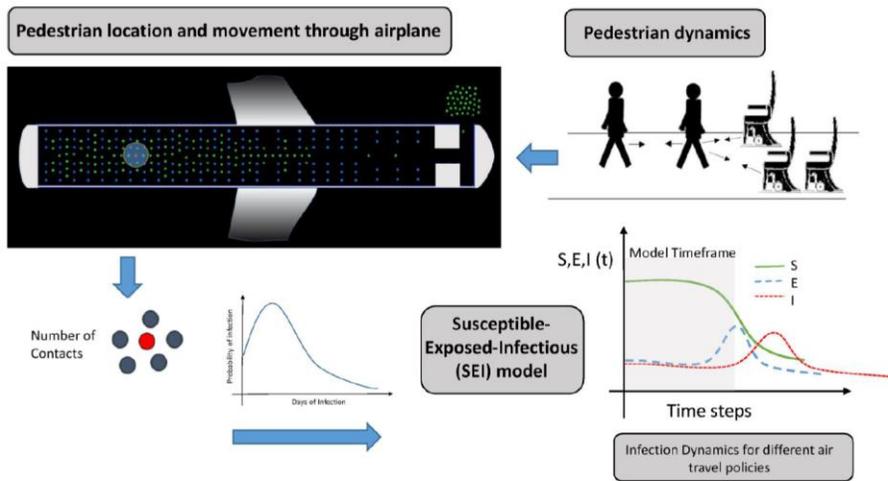


Figura 2. Representación esquemática del enfoque del modelo general

Enfermedad	Transmisión	R_0
Sarampión	Aire	12-18
Tosferina	Gotas en el aire	12-17
Difteria	Saliva	6-7
Viruela	Contacto social	5-7
Rubeola	Gotas en el aire	5-7
Tuberculosis	Gotas en el aire	3-5
SARS	Gotas en el aire	2-5
Influenza	Gotas en el aire	2-3
Ébola	Fluidos corporales	1.5-2.5

Tabla 1. Enfermedades infecciosas transmitidas a través del aire

El modelo computacional fue usado para evaluar los efectos del movimiento de pasajeros dentro de los aviones y las políticas de viajes aéreos sobre la propagación geoespacial de enfermedades infecciosas. Las principales conclusiones de este trabajo son:

- ✓ La política de embarque de una aerolínea es más crítica para la propagación de infecciones en comparación con la política de desembarque.
- ✓ La planificación en dos secciones resultó en menos infecciones que la estrategia seguida actualmente con múltiples zonas.
- ✓ Los aviones comerciales pequeños son mejores que los más grandes para reducir la cantidad de nuevas infecciones en un vuelo.

- ✓ Los resultados agregados indican que las estrategias de movimiento de pasajeros y el tamaño del avión previsto a través de estos modelos de red pueden tener un impacto significativo en un evento como la epidemia de ébola de 2014.

Bibliografía

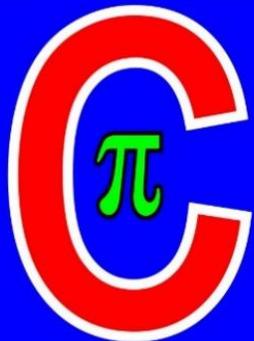
- Brauer, F., & Castillo-Chavez, C. (2012). *Mathematical models in population biology and epidemiology*. Springer.
- Morales, D., Paredes, M., Morales-Butler, E., Cruz-Aponte, M., Arriola, L., Cevallos, V., & Mubavi, A. (2). Data scarcity and ecological complexity: the cutaneous leishmaniasis dynamics in Ecuador. *Journal of the Royal Society interface*, 16(157)(2019141).
- Mubavi, A., Paredes, M., & Ospina, J. (2018). A comparative assessment of epidemiologically different cutaneous leishmaniasis outbreaks in Madrid, Spain and Tolima, Colombia: an estimation of the reproduction number via a mathematical model. *Tropical medicine and infectious disease*, 3(2)(43).
- Namilae, S., Derjany, P., Mubayi, A., Scotch, M., & Srinivasan, A. (2017). Multiscale model for pedestrian and infection dynamics during air travel. *Physical review E*, 95(5)(052320).
- Velasco-Hernandez, J. (2012). *Epidemiología Matemática: Ejemplos, Datos y Modelos Asociados*. En M. A. Moreles y Botello (Eds.), *Notas de Modelación y Métodos Numéricos V: Modelación Computacional de Sistemas Biológicos*, CIMAT-CIMNE.



FUERZA AÉREA COLOMBIANA
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"
GRUPO ACADÉMICO - PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS



Hablando de Ciencia en EMAVI



Conferencia: **"EL CICLO DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS Y LAS VARIABLES MATEMÁTICAS EN EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES"**

Conferencista:
MSc. Victor Manuel Escobar Zuñiga
Especialista Administración Pública - Magister Política Pública

Enlace:
<https://us.bbcollab.com/guest/209fa452837d430fa0f795549a574909>

27 JUEVES
AGOSTO | 10:00
2020 | A.M.

**“EL CICLO DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS Y LAS VARIABLES MATEMÁTICAS
EN EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES”**



Perfil Profesional:

Víctor Manuel Escobar Zúñiga

Formado como Administrador de empresas, con énfasis en mercadeo y Finanzas, Especialista en Administración Pública y Magister en Política Pública de la Universidad del Valle, Actualmente candidato a Doctorado en Proyectos en la Universidad Internacional Iberoamericana de México. Docente de planta del Programa Académico de Administración Aeronáutica de la Fuerza Aérea Colombiana en la Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suarez, Miembro activo del Consejo de Facultad de la Facultad de Ciencias de la Administración de la Universidad del Valle, Participante de la EMAVI en ASCOLFA (Asociación Colombiana de Facultades de Administración de Empresas, entidad que promueve la investigación en los programas académicos de administración en Colombia) miembro de

ALACIP (Asociación Latinoamericana de Ciencia Política) Ponente Internacional en CLADEA en la Modalidad de Casos y Emprendimiento e investigador y ponente en el Simposio de Política Pública de la Universidad Nacional de Colombia, Director de los foros investigativos de Perspectivas del Sistema Político Colombiano y Política Pública y Toma de Decisiones que lidera EMAVI en articulación con la Universidad del Valle, director de Proyectos de investigación, Jurado de proyectos de investigación, par evaluador de artículos internacionales en la revista FAEDPYME INTERNACIONALEN, su experiencia laboral ha estado vinculada en diferentes entidades tanto públicas como privadas en temas investigativos como: Ministerio de educación, DPN, Alcaldía de Buenaventura, Alcaldía de Jamundí, Alcaldía de Cali, ASOCOL, DAYPE LTDA, Fundaempymecolombia, Asobancaria, Finamérica, Tribuna Jurídica, Contraloría Municipal de Santiago de Cali, Universidad del Valle, Universidad Católica de Colombia, Universidad Cooperativa de Colombia, Universidad Libre, Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte.

Su trayectoria laboral, le ha permitido adquirir experiencia en temas como Formulación de Proyectos, Evaluación de Políticas Públicas, Planes Empresariales, Programas de Agenda Pública, Gestión Pública, Presupuestos, Metodología de Marco Lógico para la evaluación de Políticas Sectoriales, Diagnósticos, Informes de Coyuntura Económica y realización de Foros Académicos, Sistemas de Gestión de Calidad, Sistemas Ambientales, Educación Financiera y Programas de educación financiera y Ahorro para Población Vulnerable, Procesos de Control Auditor en el ejercicio del control fiscal... Conocimientos que ahora le permiten contribuir al desarrollo de su labor Docente y Profesional.

“EL CICLO DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS Y LAS VARIABLES MATEMÁTICAS EN EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES”

Víctor Manuel Escobar Zúñiga

Resumen:

El objetivo de la ponencia está centrado en fundamentar el concepto de Ciencia Política con las Políticas Públicas y posteriormente, hacer una conceptualización simple de la relación de esta disciplina con el Estado y el mercado, para dar respuesta al título de la ponencia con los siguientes interrogantes: La demanda de políticas públicas por parte de la ciudadanía y los grupos de interés, La respuesta estatal o la formulación de políticas. El significado del Estado en acción, los Agentes, operadores y ejecutores de política públicas y finalmente La evaluación de políticas y el feed back de las políticas.

El componente matemático se analizará desde la interpretación subjetiva en el proceso de toma de decisiones que se explicaran transversalmente de acuerdo con el nivel de información limitada o extendida con la que pueda contar un actor que se conoce como agente público.

Palabras clave: Políticas públicas, Ciencia Política, toma de decisiones

Introducción y contenido.

Este es un campo académico que hace unos veinticinco a treinta años comenzó a tener presencia en América Latina, su origen es también relativamente nuevo, se reconoce como fundador del campo disciplinar de la Política Pública al publicista y sociólogo norteamericano del siglo XX Harold Lasswell, quien era además un experto en Publicidad y Mercadeo, en 1951 escribió un trabajo sobre cursos de política pública que se cree desde el punto de vista de los estudiosos de la disciplina, fue el origen de la misma. Ósea esta es una disciplina que tiene sesenta y ocho años (68) en cierta manera, esta disciplina del conocimiento se ha desprendido de una disciplina más gruesa que es la Ciencia Política o los Estudios Políticos. Este concepto se precisa en la academia cuando se orienta en las asignaturas relacionadas con los temas de gobierno, la diferencia que existe entre Ciencia Política o Estudios Políticos y Política Pública se evidencia en los párrafos a continuación.

De acuerdo con el anterior párrafo, la diferencia consiste en lo siguiente, los estudios políticos de la Ciencia Política tienen como foco principal el estudio del el Poder. El análisis de cómo se logra poder político en la sociedad, cómo se conserva y cómo se amplifica, fue una vieja definición de lo que es el campo de la Política de Maquiavelo hace muchos siglos. Sobre este tema, digamos, se concentra el grueso de lo que son los Estudios Políticos hoy en día, cuando el poder no se hace solo posible por medio de las armas y la violencia, sino por procesos electorales.

La Ciencia Política se ha concentrado muchísimo en el proceso político electoral de los partidos y los regímenes políticos que permiten la expresión de la voluntad ciudadana y las formas del debate público, mientras que la Política Pública, fundada por Lasswell en el cincuenta y uno, se hace una pregunta muy diferente a la de los Estudios Políticos, la pregunta fundacional de la Política Pública, fue desde un comienzo, no la lucha entre partidos, ni fuerzas, ni banderías ideológicas por el poder, sino que se hizo una pregunta totalmente diferente “¿qué hacer con el poder que se tiene? Es decir. la política pública no se concentra tanto el proceso político deliberativo, sino el ejercicio de la acción gubernamental, su foco es tratar de identificar qué es lo que los gobernantes hacen con los mandatos que han recibido de la ciudadanía, cuáles son los contenidos programáticos de la acción gubernamental, en un primer momento, sobre dos (2) grandes ejes de la cultura norteamericana, dado que esta, es un área del conocimiento que surgió en los Estados Unidos que era el estudio presupuestal, donde se discutía como se asignan los recursos presupuestales, como se definen el proceso de distribución de los recursos públicos en los diferentes sectores de la sociedad y en general de los territorios. Paralelo a ello, que pasa con la acción legislativa, es decir, que hacen los Congresos, los Parlamentos, las Cámaras territoriales, los Concejos de los Municipios, para reglamentar y regular el curso de asignación de los presupuestos en las políticas, el tema presupuestal y la agenda legislativa fueron los orígenes desde el punto de vista de campos de estudio de las Política Públicas en la década de los cincuenta.

Adicionalmente, el tema de Toma de Decisiones juega un papel crucial en el ejercicio de la Política pública, dado que hubo un profundo debate también en los Estados Unidos, no propiamente al interior de las Escuelas de Administración Pública, pero si en las Escuelas de

Negocio, con el fin de identificar cómo se tomaban decisiones, cabe entender q para los años 50 este tema era relativamente reciente en el campo académico, se suponía que la decisiones se tomaban fundamentalmente a través de procesos intuitivos es decir, que quien era dirigente o líder de una organización tenía una suerte de capacidad sobre natural o de atributos especiales de liderazgo que le permitía de forma no racional tomar decisiones.

el profesor en la Universidad de Cambridge Estados Unidos y premio Nobel de Economía Simón H (1949) escribió un libro “Comportamiento Administrativo” con el cual abre un nuevo campo en el que estamos todavía trabajando para interpretar la Toma de Decisiones, desde una perspectiva racional, es decir, tratar de identificar mediante las disciplinas académicas diversas como los seres humanos hacemos análisis racional, él profesor planteaba un modelo basado en fines y medios, tenemos unos fines definidos racionalmente por líderes, por seres humanos, por grupos organizados y a partir de la configuración de los fines estructuraríamos los recursos, las estrategias y los procesos que configurarían en el campo de los medios, para que el proceso decisional se hiciera de manera razonablemente elaborada, el profesor Simón es consciente de que anticipar todas las posibilidades para tomar decisiones y mirar los efectos de estas es prácticamente imposible para los seres humanos de acuerdo con los estudios de las políticas públicas cuando se analizan sus diferentes modelos y análisis se identifica un concepto como el de la racionalidad limitada, entendiéndolo que esta, se evidencia en el proceso decisional, dado por dos (2) variables que son, Incertidumbre y certeza el autor Lindblom, (1959) en su publicación de la ciencia de salir del paso muestra como el proceso decisional conlleva al error, cuando no se cuenta con buena información para tomar una decisión sobre un problema público, este argumento lo refuerza el profesor Varela(2014) argumenta, que en

sus cursos de Política Pública la frase, no somos capaces de anticipar todos los efectos en nuestras decisiones de política o sobre nuestras decisiones organizacionales, pero si podríamos reducir las variables al tener en cuenta, las más significativas e importantes y a partir de allí, continuar haciendo la tarea como científicos sociales desde hace sesenta o setenta años, El campo más importante de las Ciencias Sociales y Humanas incluyendo las Políticas Públicas es tratar de configurar modelos para hacer previsión, anticipar lo que se llama prospectiva para hacer anticipación obstruyendo incluso escenarios y modelaciones y con base en ello, poder planear cursos de acción de las Políticas o las decisiones organizacionales.

Por ende, el desarrollo de la disciplina de las políticas públicas recorre diferentes contextos dentro del poder que como expresamos se desarrolla con la respuesta al interrogante realizado:

La demanda de políticas públicas por parte de la ciudadanía y los grupos de interés Este concepto se fundamenta en la relación que debe tener el estado en el mercado desde los tres (3) ejes que son la dinámica política, la dinámica económica y la dinámica social, en ese orden de ideas, de se entiende que la sociedad colombiana tiene unos niveles de complejidad que obligan a que las personas naturales o jurídicas agrupadas presenten sus inconformidades frente a determinados problemas que pueda tener una comunidad ,o grupos de comunidades.

La respuesta estatal o la formulación de políticas. Esta centrado en cabeza del Gobierno, está llamado a generar oferta pública diseñando políticas públicas o gubernamentales que permitan dar solución satisfacer dichas demandas sociales buscando reducir al mínimo los niveles de

incertidumbre en las decisiones tomadas con el fin de lograr mayor impacto en la evaluación, utilizando dos variables 1 Programas y 2 Proyectos.

El significado del Estado en acción muestra el estado en su conjunto es decir la oferta pública materializada por procesos de los diferentes niveles de gobierno con mecanismos, metodologías y planificación ajustadas a los entes territoriales que mediante un buen ejercicio de gestión pública y participación social se articulada con el sector privado logran una mayor eficiencia en la optimización del recurso.

Otro componente importante es el rol que cumplen los diferentes Agentes, operadores y ejecutores de política públicas, entendiendo que el estado ejecutor en cabeza del gobierno nacional no es quien operativiza la contratación publica dado que esta se hace a través de terceros que su naturaleza jurídica es privada, por tal motivo se debe diseñar metodologías que permitan visibilizar los propósitos que tiene el gobierno en los diferentes proyectos públicos con el objetivo que estos estén focalizados y respondiendo a las necesidades de las demandas sociales inicialmente planteadas por la sociedad

Finalmente, La evaluación de políticas y el feed back de las políticas. Es un procesos que se hace al final para medir el alcance de los objetivos trazados en el momento que se diseña políticas públicas, para atender demandas sociales mediante programas o proyectos, las cuales pueden estar bien diseñadas, generando impacto social y adecuada evaluación o por el contrario y apelando al concepto de racionalidad limitada, las variables analizadas en el proceso de diseño al tomar la decisión no tenían las herramientas o no contaban con la

información suficiente para la planificación de las mismas , por ende, se procede aprender de los errores como lo dicen Limblom en su obra la ciencia de salir del paso.

BIBLIOGRAFÍA

(19 de 11 de 2020). Obtenido de es.wikipedia.org.: <https://es.wikipedia.org/wiki/Krypton>

Acerenza, , N., Coppes, A., Mesa,, G., Viera, A., Fernández , E., Laurenzo , T., & Vallespir , D. (2009). *Una Metodología para Desarrollo de Videojuegos*.

Aguilar Villanueva, L. (s.f.). *El estudio de las políticas públicas*. Mexico.

AGUILERA, R, & DIAZ, L. (17 de noviembre de 2020). *es.wikipedia.org* . Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Superh%C3%A9roe#:~:text=%E2%80%8BTradicionalmente%20se%20considera%2C%20sin,del%20comic%20book%20durante%20a%C3%B1os>.

Amazon Web Services Inc. (2020). Recuperado el 2020, de Informatica en la nube con AWS. Seattle, EU: recuperado de https://aws.amazon.com/es/what-is-aws/?nc1=f_cc.

Amazon Web Services, Inc. (2020). Obtenido de Acerca de AWS. Seattle, EU: recuperado de <https://aws.amazon.com/es/about-aws/>.

Brauer, F., & Castillo-Chavez, C. (2012). *Mathematical models in population biology and epidemiology*. Springer.

Caicedo, C., Melo Lòpez, L., Cruz Delgado, V., & Àvila Orta, C. (2019). Biodegradable polymer nanocomposites applied to technical textiles: a review. *DYNA*, 86(211), 288-299.

Campos Soto, M., Navas Parejo, Ramos , M., & Moreno Guerrero, A. (2020). Realidad virtual y motivación en el contexto educativo: Estudio bibliométrico de los últimos veinte años de Scopus ALTERIDAD. *Revista de Educación*, 15(1), 47-60.

Campuzano Urbano, ,, & Muñoz Gómez, A. (2019). *Importancia de las TIC para el desarrollo de la educación en Colombia*.

DAQRI, ARTruth Co. Ltd, en línea. (18 de noviembre de 2020). Obtenido de <https://artoolkit.org/documentation/>

Dastjerdi, R., & Montazer, M. (2010). A review on the application of inorganic nano-structured materials in the modification of textiles: focus on anti-microbial properties. *Colloids and surfaces B. Biointerfaces,,* 79(1), 5-18.

es.wikipedia.org. (s.f.). *es.wikipedia.org*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Krypton>

Garcia-Peñalvo, F. J. (s.f.). "*Internet, la nube y buenas practicas*". doi:10.5281/zenodo.2677978.

Global Centroid Moment Tensor Catalog - GCMT. (s.f.). Obtenido de <https://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>

- González-Morones, P., Hernández-Hernández, E., Fernández-Tavizón, S., Ledezma-Rodríguez, S., Sáenz-Galindo, A., Cadenas-Pliego, G., & Ziolo, R. (2018). Exfoliation, reduction, hybridization and polymerization mechanisms in one-step microwave-assist synthesis of nanocomposite nylon 6/grapheno. *Polymer*, 146, 73-81.
- Gosline, J., , Guerette, P., , Ortlepp, C.,, & Savage. (1999). The mechanical design of spider silks: from fibroin sequence to mechanical function. *The Journal of Experimental Biology*, , 202.
- Granda Asensio, L., Espinoza Freire, E., & Mayon Espinoza, S. (2019). ICT as didactic tools of the teaching-learning process. *Conrado*, , 15(66), 104-110.
- Grossman, R. L. (s.f.). *Data Lakes, and Comumons: A Review of Platforms for Analyzing and Sharing Genomic Data. Trends in Genetics*. (Vol. 35). doi:<https://doi.org/10.1016/j.tig.2018.12.006>
- Heffernan, A. (16 de 1 de 2020). Obtenido de esquirelat.com. : <https://www.esquirelat.com/fitness/claves-para-ejercicio-de-dominadas/>
- Inman, V. T., , Saunders, J. B.,, & Eberhart, H. D.. . (1953). Los principales determinantes de la marcha normal y patológica. *Revista de cirugía de huesos y articulaciones*, , 543 - 558.
- Juan, B., Gómez , P., & Viniegra , L. (2019). La Realidad Virtual Inmersiva como herramienta educativa para la transformación social: Un estudio exploratorio sobre la percepción de los estudiantes en Educación Secundaria Postobligatoria. *Aula abierta*, 48(2), 157-166.
- Kakalios, J. (2006). *Física de los Superhéroes*. . Ma Non Troppo.
- Laswell, H. (1951). La orientacion hacia las políticas.
- Linares-Pons, N., & Verdecia-Martínez, E. (2014). Trends in the development of ICT and its impact on the field of teaching. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 8(1).
- Lindblom, C. (1959). The Science of "Muddling Through". *Public Administration Review*. 79-88. doi:10.2307/973677
- Lu, L., Xing, D., Xie, Y., Teh, K., & Zhang, , B. (2016). Electrical conductivity investigation of a nonwoven fabric composed of carbon fibers and polypropylene/polyethylene core/sheath bicomponent fibers. *Materials and Desing*, 112, 383-391.
- Madni, A., Madni, C., & Lucero, S. (s.f.). *Leveraging digital twin technology in model-based systems engineering, Sytems* (Vol. 1).
- Martín Noguerras, A.,, Calvo Arenillas, J. L.,, Barbero Iglesias, & Sánchez Sánchez . (1999). Fases de la marcha humana. . *Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología*, , 44 - 49.
- McCarthy , B. (2016). *An overview of the technical textiles sector. In Handbook of technical textiles*. Woodhead Publishing.
- Morales, D., Paredes, M., Morales-Butler, E., Cruz-Aponte, M., Arriola, L., Cevallos, V., & Mubavi, A. (2). Data scarcity and ecological complexity: the cutaneous leishmaniasis dynamics in Ecuador. *Journal of the Royal Society interface*, 16(157)(2019141).

- Mubavi, A., Paredes, M., & Ospina, J. (2018). A comparative assessment of epidemiologically different cutaneous leishmaniasis outbreaks in Madrid, Spain and Tolima, Colombia: an estimation of the reproduction number via a mathematical model. *Tropical medicine and infectious disease*, 3(2)(43).
- Mukherjee, S. (2019). *Benefits of AWS in Modern Cloud*. Obtenido de <https://ssrn.com/abstract=3415956>
- Namilae, S., Derjany, P., Mubayi, A., Scotch, M., & Srinivasan, A. (2017). Multiscale model for pedestrian and infection dynamics during air travel. *Physical review E*, 95(5)(052320).
- Nayak, R. (2017). *Polypropylene nanofibers: melt electrospinning versus Meltblowing*. Springer.
- Notardis. (26 de septiembre de 2017). Obtenido de neotardis.blogspot.com/:
<http://neotardis.blogspot.com/2017/09/spider-man-la-fisica-y-la-muerte-de.html>
- Paris, G, M., M.N., D. R., & Haller, K. (2000). *Map and Database of Quaternary Faults and Folds in Colombia and its Offshore Regions*. Denver, Colorado, USA: U.S. Geological Survey (U.S.G.S).
- Pressman, R. (2014). “*Modelos del proceso*”, in *Ingeniera del Software: Un enfoque práctico* (Séptima edición ed.). Mc Graw Hill.
- Rawal , A., & Mukhopadhyay , S. (2014). *Melt spinning of synthetic polymeric filaments*. In *Advances in filament yarn spinning of Textiles and Polymers*. . Woodhead Publishing.
- Red Sismologica Nacional de Colombia - RSNC del servicio Geológico Colombiano*. (s.f.). Recuperado el 25 de septiembre de 2018, de <https://www2.sgc.gov.co/sgc/sismos/Paginas/catalogo-sismico.aspx>
- Sajjadi, B., Broome, J., Chen , W., Mattern , D., Egiebor, N., Hammer , N., & Smith, C. (2019). Urea functionalization of ultrasound-treated biochar: a feasible strategy for enhancing heavy metal adsorption capacity. *Ultrasonics Sonochemist*, 51, 20-30.
- Salcedo, E., & Pérez, J. (2017). Deformacion sismotectónica a partir de mecanismos focales de terremotos en el Valle del Cauca, Suroccidente de Colombia. *Revista Geológica de América Central*, 57, 23-43.
doi:10.15517/rgac.v0i57.30043
- Salcedo, E., & Pérez, L. (2016). Caracterizacion sismotectónica de la región del Valle del Cauca y zonas aledañas a partir de mecanismos focales de terremotos. Boletín de Geología. *Boletín de Geología*, 38, 89-107.
doi:<http://dx.doi.org/10.18273/revbol.v38n3-2016006>
- Sánchez-Lacuesta, J. . (1999). *Biomecánica de la marcha humana normal y patológica*. Valencia: Instituto de Biomecánica de Valencia.
- Sanchez-Olivares, G., Sanchez-Solis, A., Calderas, F., Medina Torres , L., Herrera-Valencia, E., Rivera Gonzaga, A., & Manero, O. (2013). Extrusion with ultrasound applied on intumescent flame-retardant polypropylene. *Polymer Engineering & Science*, 5.
- SAP SE or an SAP affiliate company*. (2020). Obtenido de ¿Que es SAP HANA Cloud? Palo Alto, EU: Recuperado de <https://www.sap.com/latinamerica/products/hana/technical.html>

HABLANDO DE CIENCIA EN EMAVI – MEMORIAS

- Servicio Geológico Colombiano*, segunda edición. (2010). Obtenido de http://srvags.sgc.gov.co/Flexviewer/Mapa_Geologico_Colombia_2015/
<http://www.colombiaround2010.com>
- Serway, R. A., & Jewett, Jr., J. W. (2018). *Física para ciencias e ingeniería* (Vol. 1). Ciudad de Mexico: CENGAGE.
- Simon, H. A. (1949). *Comportamiento Administrativo, estudio de los procesos de adopción de las decisiones en la Organización administrativa*. Universidad de Medellín: Aguilar.
- Varela, E. (2016). Foro de Política Pública y toma de decisiones, concepto racionalidad limitada, Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suárez de la Fuerza Aérea Colombiana.
- Velasco-Hernandez, J. (2012). *Epidemiología Matemática: Ejemplos, Datos y Modelos Asociados*. En M. A. Moreles y Botello (Eds.), *Notas de Modelación y Métodos Numéricos V: Modelación Computacional de Sistemas Biológicos*, CIMAT-CIMNE.
- Zahumenszky, C. (26 de septiembre de 2018). *GIZMODO*. Obtenido de <https://es.gizmodo.com/por-que-los-seres-humanos-somos-practicamente-incapaces-1829328752>

ORGANIZADORES:

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA
DALILA VICTORIA RINCON



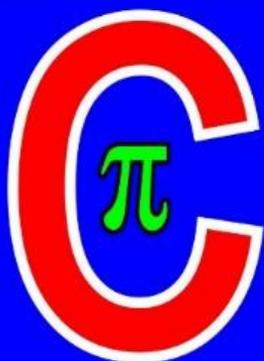
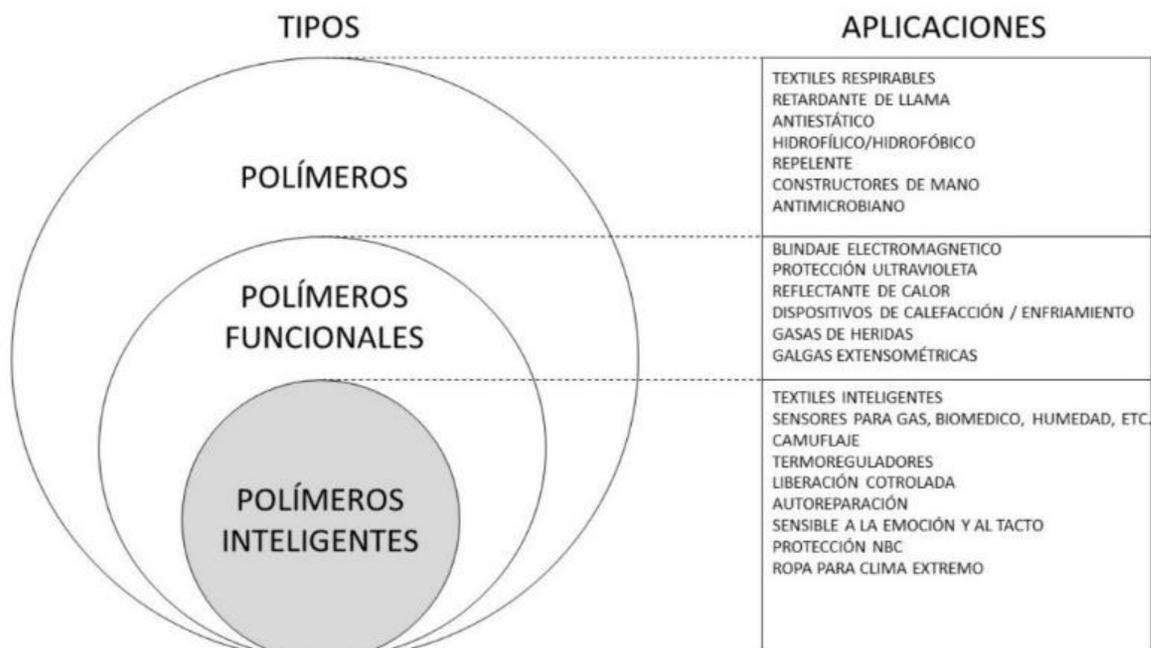
FUERZA AÉREA COLOMBIANA

ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"

GRUPO ACADÉMICO - PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS



Hablando de Ciencia en **EMAVI**



Conferencia: **"NANOCOMPUESTOS POLIMÉRICOS APLICADOS A TEXTILES TÉCNICOS EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ: UN ESTUDIO DE REVISIÓN"**

Conferencista:
Dra. Carolina Caicedo Cano

Enlace:
<https://lobby.sar.ruav.edu.co/#/1CHT0TK08450>

10

**JUEVES
SEPTIEMBRE
2020**

**10:00
A.M.**

**“NANOCOMPUESTOS POLIMÉRICOS APLICADOS A TEXTILES TÉCNICOS EN EL
SECTOR AUTOMOTRIZ: UN ESTUDIO DE REVISIÓN”**



Perfil Profesional:

Carolina Caicedo Cano

Químico de la Universidad del Quindío en el año 2006. En el año 2013 obtuvo el título de doctorado en el programa de Ciencia e Ingeniería de Materiales en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Realizó una estancia de investigación en la Universidad de Barcelona, España (2011). En el período 2013 a 2015 realizó una estancia posdoctoral en la Facultad de Química de la UNAM. Del 2015 a 2019 se desempeñó como investigadora en el Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria del SENA. Estuvo adscrita al centro de investigación en química aplicada a través del programa de cátedras CONACYT entre 2018 y 2019. Actualmente, se encuentra vinculada a la Universidad Santiago de Cali en calidad de Coordinadora de Prácticas y Pasantías y como docente

ORGANIZADORES:

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA
DALILA VICTORIA RINCON

“NANOCOMPUESTOS POLIMÉRICOS APLICADOS A TEXTILES TÉCNICOS EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ: UN ESTUDIO DE REVISIÓN”

**Carolina Caicedo^{1,*}, Laura Vanessa Siachoque¹, Yicel Dayana Adames¹, Brayán
Hernández¹.**

¹Grupo de Investigación en Química y Biotecnología (QUIBIO), Facultad de Ciencias Básicas,
Universidad Santiago de Cali, Calle 5 No. 62-00, Cali 760035, Colombia

*Correspondencia: carolina.caicedo03@usc.edu.co

Resumen: El presente estudio de vigilancia científico-tecnológica muestra los principales ejemplos, métodos y perspectivas para el desarrollo de textiles técnicos. El enfoque de este trabajo está marcado en la contribución a las diferentes aplicaciones textiles que le conceden las nanopartículas a los termoplásticos. En general, se identifican desafíos técnicos en el procesamiento y fenómenos relacionados con la interacción de los componentes que dan lugar a las fibras o filamentos.

Palabras clave: textiles técnicos, fibras bicomponente, nanocompuestos poliméricos.

Introducción y contenido.

Cuando se habla de textiles técnicos, se refiere a las fibras y tejidos que se desarrollan y fabrican principalmente por sus propiedades técnicas y de rendimiento, más que por sus características estéticas o decorativas (www.ttandd.org). Inicialmente, el término textil se empleó para hacer referencia a los tejidos, pero en la actualidad ese término también se aplica a las fibras, filamentos e hilados, naturales y manufacturados, y la mayoría de los productos para los cuales estos materiales son una materia prima principal. Los textiles pueden ser tejidos o tricotados, trenzados o producidos como capas de materiales no tejidos. Los textiles normalmente están hechos a base de polímeros, naturales o sintéticos. La definición de textil técnico fue publicada por The Textile Institute, el cual es un organismo creado en Inglaterra en 1925 con la finalidad de facilitar el entendimiento, reconocer los logros, premiar la excelencia y difundir la información dentro de las industrias mundiales de textiles, ropa y calzado, ha ido cambiando con el tiempo, para poder abarcar las diversas propiedades que pueden adoptar este tipo de materiales (Caicedo, Melo Lòpez, Cruz Delgado, & Àvila Orta, 2019).

2.1 Clasificación por sectores de aplicación de los textiles técnicos

1) Agrotech / Agrotex / Agrotexiles: Consiste en los textiles utilizados en horticultura, jardinería, agricultura, silvicultura, cuidado de animales, protección de cultivos, fertilización, pesca, etc. Los textiles para estas aplicaciones deben ser resistentes mecánicamente, presentar elongación, rigidez, ser resistentes a la luz solar y a ambientes tóxicos. Los textiles que se emplean para esta área favorecen el crecimiento y la cosecha

de cultivos y otros productos alimenticios y cada vez más crece el interés por el uso de materiales biodegradables. Algunas aplicaciones de los textiles, específicamente de la tela no tejida para el área agrícola son las cubiertas de invernaderos, túneles bajos, cubierta de suelos, protección contra granizo, protección de frutos en crecimiento, bolsas para plantas, cubierta para plantas, acolchado de cultivos, soporte de jardines verticales, así como fibras y telas no tejidas súper-absorbentes que permiten un mejor aprovechamiento del agua.

2) Buildtech / Buildtex / Textiles para la construcción: Los textiles técnicos que se emplean en el área de construcción, tienen su aplicación como refuerzo de concreto, cimientos de fachadas, construcción de interiores, aislamientos sonoros y térmicos, componentes de sistemas de aire acondicionado, protección visual, protección contra el sol, seguridad en la construcción, material de construcción liviano, y membranas para la construcción de techos, las cuales se emplean en gran medida en la arquitectura textil. Algunos ejemplos particulares son las fibras de poliéster de alta tenacidad recubiertas de cloruro de polivinilo, otro ejemplo son las telas de fibra de vidrio recubiertas de teflón o poliéster recubierto de silicón. Algunos ejemplos de textiles para la construcción se pueden observar en estadios de fútbol, aeropuertos y hoteles.

3) Clothtech / Clothtex / Textiles para vestir: Esta clasificación incluye todos los componentes textiles técnicos presentes en ropa y zapatos que por sí mismos son componentes de “alto rendimiento”, así como también todos los componentes que van

ocultos y que son textiles de apoyo para el textil principal, como hilos de coser, relleno de fibra aislante y guata.

4) Geotech / Geotex / Geotextiles: Los geotextiles se usan en trabajos de construcción, en la ingeniería civil, construcción de carreteras, ingeniería de represas, sellado de suelos, sistemas de drenaje, vertederos y embalses. Su función puede ser muy variada: separar, filtrar, proteger o drenar, evitar el agrietamiento de materiales de construcción como concreto o plástico. Los geotextiles deben ser resistentes, durables, presentar baja absorción de humedad, etc.

5) Hometech / Hometex / Textiles domésticos: Este tipo de textiles técnicos tienen su campo de aplicación en las casas, donde sus funciones principales son la protección contra el sol que proporcionan las persianas y la protección contra el fuego al estar incorporadas en los hogares como fundas de cojines y tapicería, revestimiento de paredes, alfombras y cortinas. La propiedad ignífuga puede ser otorgada a la fibra directamente durante su fabricación, es decir, formando parte de la matriz polimérica o mediante la modificación superficial de las fibras durante los procesos de acabado de las telas.

6) Indutech / Indutex / Textiles Industriales: Este tipo de textiles tienen su campo de aplicación en la industria, funcionando como cintas transportadoras, filtros para separación y purificación de productos industriales, elementos para la eliminación de ruido, cubiertas de rodillos, aislamiento, sellos, celdas de combustible, cepillos.

7) Meditech / Medtex / Textiles médicos: Los textiles técnicos tienen gran aplicación en el área médica, los cuales han sido utilizados como implantes, vendajes, hilos para sutura de heridas, ropa de personal médico, ropa de cama de hospital, cortinas quirúrgicas.

Dependiendo de la aplicación que tenga el textil, será la naturaleza química del mismo. Por lo general, los textiles que tiene interacción directa con células y fluidos corporales son materiales biocompatibles y suelen contener nanopartículas que les proporcionan propiedad antimicrobial o que funcionan para liberar fármacos de forma controlada.

8) Mobiltech / Mobiltex / Textiles automotrices y aeroespaciales: Mobiltex es el nombre que reciben los textiles empleados en el sector del transporte para fabricar piezas de aviones, automóviles ferrocarriles, barcos, trenes y naves espaciales. Estos textiles forman parte de neumáticos, cubiertas, cuerdas, lonas, cortinas, correas, cinturones de seguridad, fundas de asientos, filtros de aire a la cabina, bolsas de aire, paracaídas, botes inflables, globos aerostáticos.

9) Oekotech / Ecotech / Textiles ambientalmente amigables: Este tipo de textiles se emplean principalmente para la protección ambiental, para evitar la erosión ambiental, limpieza del aire, prevención de la contaminación del agua y su limpieza, eliminación, tratamiento y reciclaje de residuos, construcción de áreas de depósito, extracción de productos, plantas de alcantarillado doméstico. Además, recientemente algunas prendas de vestir y accesorios para el hogar están hechas en versiones ecológicas, por lo que forman parte de esta clasificación.

10) Packtech / Packtex / Embalaje textil: Los textiles también han sido utilizados en aplicaciones de embalaje, las más conocidas son como bolsas, sacos para mercancía a granel, sistemas de contenedores, silos, bolsitas de té, etc.

11) Protech / Protex / Textiles de protección: Protech es el nombre que reciben los textiles utilizados para dar protección contra factores que ponen en riesgo la seguridad humana, como puede ser el calor, la radiación (prendas de vestir y forro para naves espaciales),

los metales fundidos, impacto de balas, peligro por exposición a sustancias químicas, etc. Los campos de aplicación pueden ser muy variados; bomberos, astronautas, soldadura de metales, policías y militares, radiólogos. Para obtener este tipo de textiles se emplean fibras especiales como la aramida (alta tenacidad, alta resistencia térmica y baja contracción), las fibras de vidrio (alta resistencia, química y resistencia a las llamas), cubiertas de materiales como el plomo (protección contra la radiación), etc.

12) Sportech / Sportex / Textiles deportivos: Los textiles deportivos se utilizan para la fabricación de prendas de vestir, zapatos deportivos, accesorios y equipamiento deportivo necesario para deportes como el vuelo, la vela, escalada, pesca deportiva, ciclismo, deportes de temporada. Las fibras naturales (incluyendo algodón) han sido reemplazadas por fibras sintéticas.

En este sentido, la incorporación de las nanopartículas en las nuevas fibras, o modificación de las existentes ha jugado un papel importante en la apertura de diversas aplicaciones. El incremento del uso de nanocompuestos en la industria textil se debe a la multifuncionalidad que presentan este tipo materiales, los cuales han sido representados en la Figura 1.

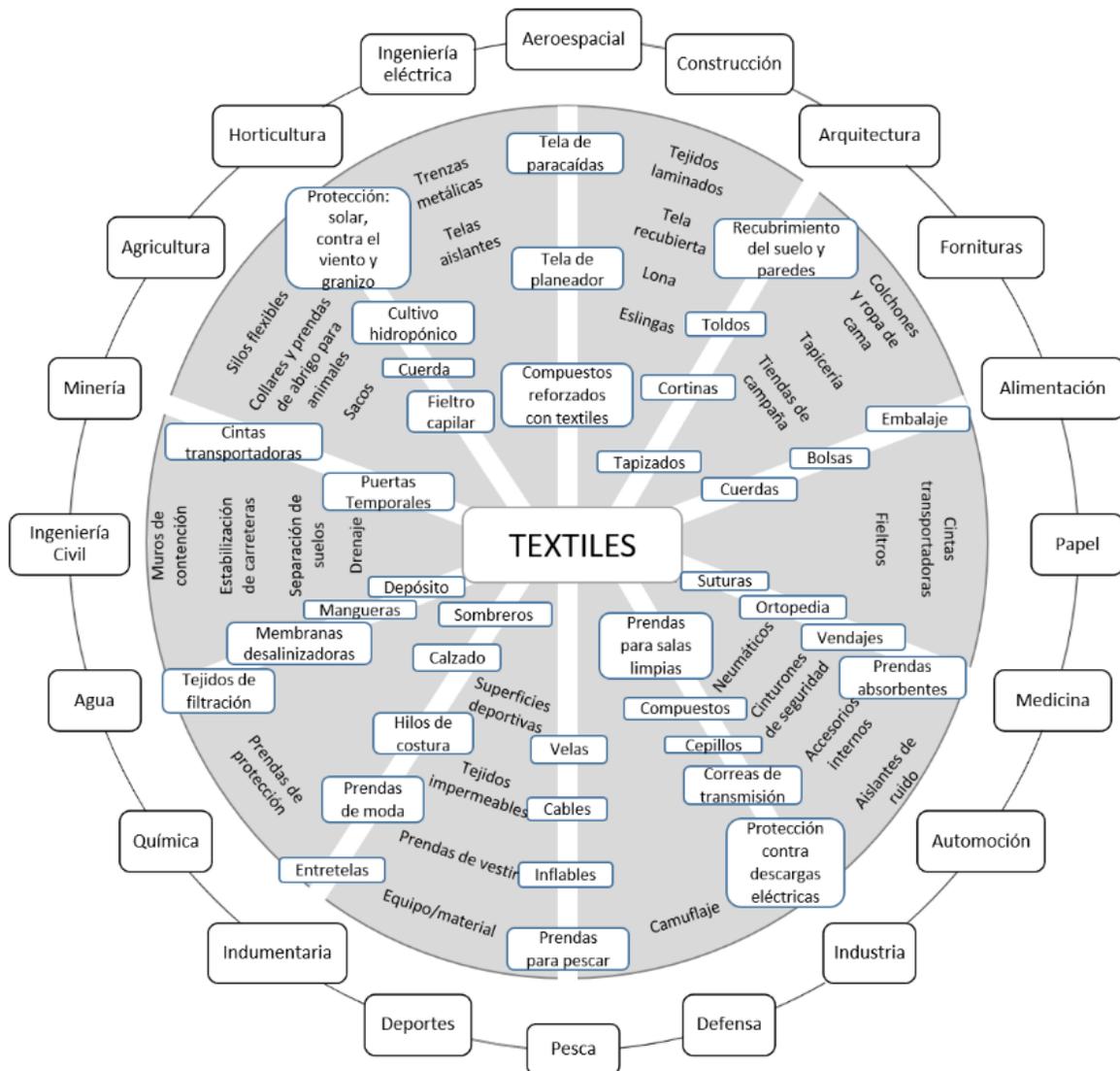


Figura 1. Representación de la gama de textiles técnicos (McCarthy , 2016)

Fuente: Los Autores

2.2 Tecnologías para la formación de fibras

Las fibras más comunes usadas en la industria textil son acetato, acrílico, aramida, carbón, fluorocarbón, vidrio, lyocell, modacrílico, poliamida (PA), olefinas, polibenzimidazoles, poliéster, rayón, saran, spandex y fibra sulfar. A pesar de la eficiencia

de estos polímeros, ha sido necesario crear nuevos polímeros para generar textiles técnicos con funciones especializadas, así como también se han ideado estrategias técnicas para modificar las fibras convencionales. Una de las modificaciones más importantes es la incorporación de nanopartículas en las fibras textiles por medio de tres metodologías principales: a) embebiendo las nanopartículas en la matriz polimérica mediante mezclado en fundido antes de generar las fibras, b) incorporando las nanopartículas superficialmente en las fibras mediante su formación *in-situ*, c) por decoración de las fibras con nanopartículas empleando tratamientos químicos que modifican la superficie de las nanopartículas y la superficie de las fibras, para alcanzar la mayor permanencia posible de las nanopartículas sobre la superficie de las fibras (Caicedo, Melo Lòpez, Cruz Delgado, & Àvila Orta, 2019). La mayoría de las fibras convencionales (commodities) son manufacturadas mediante la hilatura de polímeros. Existen dos principales tipos de procesos de hilado: hilado del polímero en fundido y en solución (húmedo y seco). En el hilado en fundido, el polímero se funde mediante calentamiento y es bombeado hacia la espinereta para formar las fibras. Las fibras son entonces enfriadas, solidificadas y estiradas en una sola etapa Figura 2.

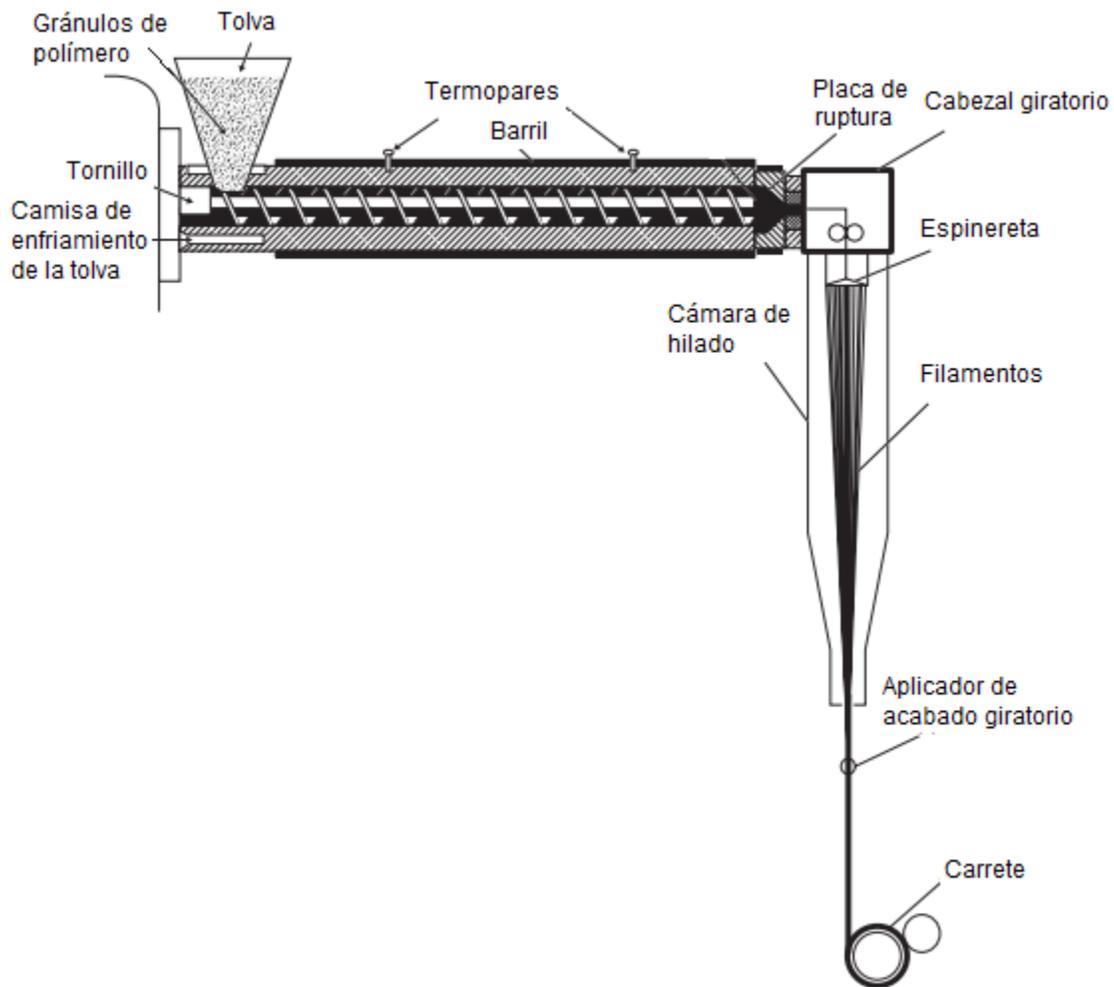


Figura 2. Componentes del proceso de hilado por fusión (Rawal & Mukhopadhyay , 2014).

Fuente: Los autores.

En el hilado en solución, el polímero es disuelto en un disolvente y extruido por la espinereta, después de la extrusión pueden emplearse dos variantes de la técnica: el hilado en solución seco o húmedo. En el hilado en seco, el disolvente presente en las fibras recién extruidas es evaporado para solidificar las fibras, mientras que, en el hilado en húmedo, la espinereta por donde van saliendo las fibras se encuentra sumergida en un baño de coagulación, que es donde las fibras toman su forma como tal, al mismo tiempo que el disolvente es eliminado de las fibras conforme va quedando en el baño

coagulante. Una ventaja del hilado en fundido es que no se requiere formar una solución en la cual el polímero esté disuelto, y por consiguiente se previene la toxicidad que se genera con el uso de solventes. Por esta razón, si el polímero a utilizar para formar las fibras es un polímero termoplástico, se utiliza la técnica de hilado en fundido para lograr la producción de fibras a escala industrial. Existe otra técnica para hilar fibras que generalmente son de dimensión nanométrica: el electrohilado (electrospinning). El fundamento del electrohilado es diferente de la técnica convencional de producción de fibras, puesto que el electrohilado se basa en fuerzas electrostáticas. Mediante este proceso se producen de forma continua nanofibras poliméricas (sus diámetros están en el intervalo submicrométrico) mediante la acción de un campo eléctrico externo impuesto a la solución polimérica. Se aplica un potencial de alto voltaje entre la solución del polímero y el colector ubicado cerca del extremo del capilar para lograr que un chorro de la solución del polímero fluya desde la gota de solución que se encuentre a la salida del capilar hasta el colector. El estiramiento y adelgazamiento de las fibras se produce en un trayecto relativamente corto como consecuencia de las fuerzas eléctricas presentes en el sistema, que estiran las fibras de polímero que se van formando en el orden de milisegundos para formar las fibras a tamaños nanométricos Figura 3.

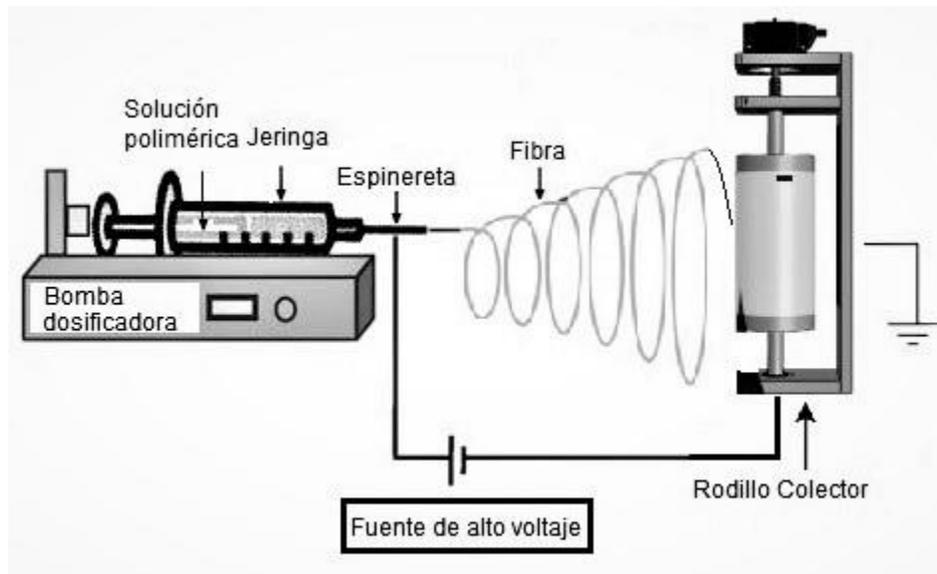


Figura 3. Componentes del proceso de electrohilado.

Fuente: Los autores.

Cada uno de los procesos de hilado mencionados se han probado y utilizado para generar fibras de diversos compuestos poliméricos, y no solo para polímeros puros, debido a las características tan ventajosas de los compuestos, que han mostrado propiedades superiores de resistencia mecánica aumentada, mejor resistencia al calor, disminución en la permeabilidad de gases, y buen desempeño como retardante a la flama incluso cuando se utilizan cargas de nanopartículas a concentraciones de 5% en peso o menores. Se ha observado una característica importante en los nanocompuestos poliméricos, que consiste en que las propiedades esperadas como resultado de la mezcla de sus componentes (matriz polimérica y nanopartículas) suelen exceder los valores previstos teóricamente, lo cual indica que la mezcla polímero-nanocompuesto genera un efecto sinérgico en las propiedades de los materiales resultantes. Este efecto sinérgico posiblemente sea resultado de las interacciones interfaciales que se aumentan exponencialmente conforme se utilizan nanopartículas de menor tamaño y con lo cual se

forma una fase separada adicional, que influye enormemente en las propiedades del compuesto inclusive cuando los porcentajes de carga adicionados sean muy bajos (<5 %). Otras ventajas que surgen como resultado de las bajas concentraciones de nanopartículas necesarias para otorgarle determinada propiedad al nanocompuesto polimérico comparadas con los compuestos poliméricos convencionales es el hecho de que los nanocompuestos poliméricos suelen ser muy ligeros y procesables en muchas maneras. Como consecuencia de las bajas cargas necesarias es posible generar fibras con los nanocompuestos poliméricos, las cuales presentan propiedades superiores en comparación a las fibras sintéticas convencionales. (Nayak, 2017)

2.3 Métodos de obtención de nanocompuestos poliméricos

La incorporación de una pequeña cantidad de nanopartículas ($\leq 5\%$) en una matriz polimérica termoplástica puede generar modificaciones significativas en las propiedades fisicoquímicas de estos materiales. Esta modificación se puede generar mediante la exfoliación y la dispersión / distribución de partículas dentro de la matriz polimérica. Esta exfoliación se obtiene a través de tres vías: (i) polimerización intercalativa-exfoliativa in-situ, (ii) uso de disolventes; (iii) y la intercalación - exfoliación en estado fundido. La tercera ruta es privilegiada debido a sus ventajas industriales, evitando el uso de disolventes. En todos los casos, el primer paso es garantizar una interacción favorable entre la matriz y la partícula la cual conlleva en algunos casos a la modificación superficial utilizando métodos químicos o físicos que promuevan la inserción de nuevos grupos funcionales sobre la superficie de la partícula. En algunos trabajos donde se emplean

nanoarcillas se reportan el intercambio de cationes que hace que la superficie sea organofílica, en el caso de partículas de carbono se realizan tratamientos asistidos con plasma, microondas y ultrasonido [(Sanchez-Olivares, y otros, 2013) (Sajjadi, y otros, 2019)]. Se requiere lograr una estructura intercalada una vez se realice la modificación superficial de las partículas, de esta forma las cadenas poliméricas penetran y en cuanto se ejerzan tensiones locales por cizallamiento estas terminarían exfoliando la estructura del nanocompuesto. En general, se cree que la cizalla es el flujo principal que genera un alto nivel de exfoliación. Sin embargo, se han señalado como los parámetros clave para dispersar las laminillas de algunos tipos de partícula individuales la naturaleza del flujo a sus altas tensiones y con esto, al fenómeno de cavitación que provocan las ondas ultrasónicas Algunos investigadores han estudiado cómo se afecta el grado de tensiones de cizallamiento en la exfoliación de acuerdo a las diferentes viscosidades de la resina. Se concluyó que esto se debe a un equilibrio entre las tensiones mecánicas que requieren un alto nivel de viscosidad y un proceso de difusión que requiere una viscosidad bastante baja. Para alcanzar un alto nivel de exfoliación, se recomienda mezclar las partículas intercaladas con la matriz polimérica en un estado fundido en condiciones de cizallamiento moderado. Esto permite la expansión de la distancia entre espacios, facilitando que las cadenas de polímero se difundan en el espacio confinado entre las llamadas galerías, para el caso de arcillas. De tal modo, que un alto nivel de cizallamiento aplicado después de este período de difusión conduce a un alto nivel de exfoliación. La búsqueda de mejores condiciones de proceso para lograr una óptima dispersión / distribución implica que puedan ser procesables por las diferentes técnicas aplicadas para el desarrollo de fibras textiles, de esta forma se evitarían fallas por taponamiento en

los conductos de las espineretas o paquetes de filtros ubicados comúnmente a la salida del extrusor. En este sentido, algunos trabajos reportan resultados satisfactorios sobre la preparación de nanocompuestos empleando extrusores mono- y doble-husillo en el que se acopla un dispositivo de ultrasonido al cabezal. Se han probado condiciones variables de potencia, frecuencia y amplitud buscando optimizar el proceso para impactar directamente en la exfoliación-intercalación de las partículas y, por consiguiente, en las propiedades finales de los nanocompuestos. El esfuerzo de cizallamiento aplicado es uno de los factores más importantes para obtener nanocompuestos con mejor dispersión de partículas y buenas propiedades mecánicas. La reducción en el tamaño de los agregados de las partículas depende de la tensión de cizallamiento, la temperatura y la energía ultrasónica aplicada, si fuera el caso, así como del efecto de compatibilización con agentes químicos (injertos en la matriz) o la previa modificación de la superficie de las partículas como se ya se comentó. Algunos trabajos presentan la exfoliación in-situ de nanocompuestos de PA-6 con nanoplacas de grafito obtenidos mediante el proceso de extrusión asistida con ultrasonido. La exfoliación ultrasónica minimiza los defectos en las capas de carbono en comparación con los métodos químicos. La exfoliación impidió la reaglomeración de partículas en el proceso de mezclado en el estado fundido, y la estructura dispersada mejoró significativamente el rendimiento mecánico y térmico de los compuestos (González-Morones, y otros, 2018). Por otra parte, se han realizado aportes sustanciales en cuanto a las propiedades ignífugas de los materiales poliméricos con arcillas modificadas. El proceso involucró un extrusor mono-husillo con un mezclador

estático que produce flujos extensionales asistidos por ultrasonidos (Sanchez-Olivares, y otros, 2013).

2.5 Aplicaciones de acabado para los textiles técnicos a base de nanocompuestos poliméricos.

La aplicación de nanomateriales en textiles técnicos se da principalmente en los procesos de acabado, que resulta en la fijación superficial de partículas a escala nanométrica sobre la matriz polimérica. Los polímeros utilizados para realizar tratamientos de acabado pueden dividirse en tres categorías, los cuales son ejemplificados a continuación:

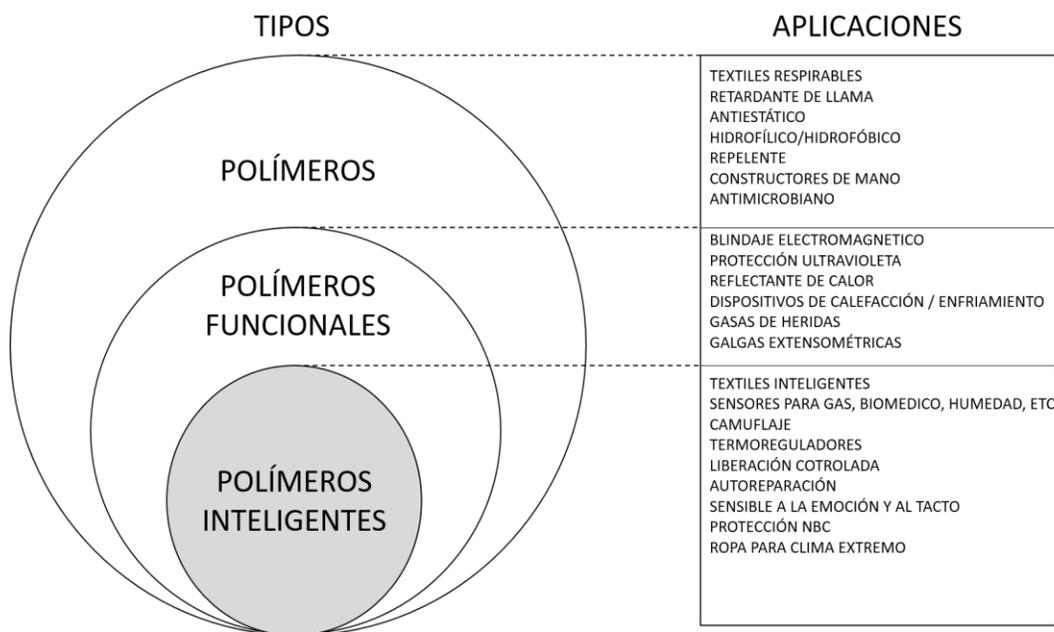


Figura 4. Aplicación de polímeros en procesos de acabado textil (Sajjadi, y otros, 2019).

Fuente: Los Autores

La Figura 4 presenta las diferentes categorías de polímeros, entre las cuales se encuentran los polímeros comunes que pueden ser naturales o sintéticos, como por ejemplo quitosano, almidón y fluoropolímeros para acabados antibacterianos, hidrofílicos y repelentes, respectivamente. Otra categoría son los polímeros especiales o funcionales obtenidos por modificación de polímeros existentes, o polímeros que contienen un grado mejorado de funcionalidad. Este es el caso de los compuestos poliméricos que pueden absorber la radiación ultravioleta y disponerse en calidad de recubrimiento, algunos incorporan nanopartículas como el óxido de zinc (ZnO) el dióxido de titanio (TiO₂), entre otros. También, compuestos poliméricos de ácido poliláctico con nanotubos de carbono (CNT) para blindajes de interferencia electromagnética. Y finalmente los polímeros inteligentes, aquellos que responden a estímulos como el pH, la temperatura, la fuerza iónica, los campos eléctricos o magnéticos y la luz. Algunos ejemplos de estos polímeros se enfocan predominantemente en el área de biotecnología, en aplicaciones biomédicas y ambientales en el que juega un rol especial los dendrímeros para liberación controlada de especies químicas. Los azopolímeros para aplicaciones relacionadas con el almacenamiento óptico de alta capacidad. Los polímeros pi-conjugados como sensores o dispositivos de conducción eléctrica o térmica. Cabe mencionar, que algunos sistemas poliméricos podrían pertenecer a más de una categoría. Por otro lado, los procesos de acabado son indispensables para obtener materiales con una propiedad deseada (estabilidad dimensional, repelencia al agua/aceite, resistencia a la llama, resistencia al

calor, transpirabilidad, emisión de infrarrojo, etc.) temporal o permanente, la superficie de la fibra puede modificarse con capas de otro polímero antes de su uso mediante tratamientos de acabado apropiados. El acabado se puede aplicar mediante acolchado, agotamiento, pulverización, recubrimiento, tratamiento mediante reacciones de la superficie y otras técnicas. Además de estos procedimientos básicos, puede haber un requisito de pre- y/o post-calandrado para mejorar los efectos. El acabado puede llevarse a cabo con moléculas orgánicas, poliméricas o materiales compuestos en forma molecular, nano o en masa. La mejora del aspecto, el manejo y la durabilidad de los tejidos mediante la aplicación de materiales poliméricos en el acabado se ha practicado durante siglos. En los últimos tiempos, el número de acabados poliméricos disponibles para impartir superficies funcionalizadas ha aumentado sustancialmente. Los polímeros se emplean para funcionar de las siguientes maneras: 1) como agente de acabado activo: en este caso, el polímero tiene grupos funcionales responsables de exhibir una propiedad específica requerida en el acabado; esta es un área importante de investigación. 2) Como anfitrión o matriz para el acabado activo: el polímero solo actúa como un soporte para mantener el acabado, que puede ser un agente orgánico, inorgánico o híbrido. Se pueden aplicar varios acabados técnicos a los textiles que utilizan microcápsulas, donde el ingrediente activo está encerrado en una cubierta polimérica porosa o estable que depende de la aplicación final (regulación de la temperatura o sistema de administración). 3) Como auxiliar químico o aditivo para coadyuvar con la actividad de acabado, en este caso el polímero puede actuar como agente de acople, surfactante, diluyente,

estabilizador y demás. La aplicación de varios tipos de nanotecnologías para el acabado de textiles se ha revisado recientemente.

En los acabados textiles es indispensable asegurar la fijación de las nanopartículas en la superficie no solo para proporcionar mayor durabilidad, sino para evitar riesgos a la salud de los seres vivos y al medio ambiente por contacto o liberación de las mismas. De esta forma, el uso de matrices poliméricas funcionales hidrófobas o hidrófilas como medio de dispersión para las nanopartículas dará como resultado nanocompuestos de polímeros con interacciones interfaciales fuertes e impartirá la humectabilidad deseada y las demás propiedades que le aporten las nanopartículas. En la Tabla 1 se presenta un resumen breve con las características más importantes de los materiales inorgánicos nanoestructurados en sustratos textiles.

Tabla 1. Resumen de las propiedades que otorgan algunas nanopartículas a los textiles.

Nanopartículas	Características
Dióxido de titanio y dióxido de titanio modificado orgánico o inorgánico.	Antibacteriano, foto-catalizador, autolimpieza, protección contra rayos UV, purificador de agua y aire, degradación del tinte, sensor de gas, célula solar, hidrófilo, superhidrófobo, co-catalizador para reticulación de algodón, lana estabilizadora de fotos
Óxido de zinc	Antibacteriano, protección contra rayos UV, súper hidrofóbico, foto-catalizador, antiestático.
Plata	Antimicrobiano, desinfectante, conductor eléctrico, protección contra rayos UV, anti-hongos
Cobre	Antibacteriano, protección contra rayos UV, conductor eléctrico.
Oro	Antibacteriano, antifúngico, conductor eléctrico.
Galio	Antibacteriano.
Nanopartículas de carbono (CNT, nanofibras, grafeno, negro de humo, fullereno).	Antimicrobiano, conductor eléctrico, ignífugo, antiestático, absorbente de sustancias químicas.
Arcillas	Antibacteriano, ignífugo, protección contra rayos UV.

La industria textil ha introducido nuevos productos a los clientes utilizando las nuevas características de los semiconductores. Estos materiales de soporte desempeñan una función importante en el desarrollo de dispositivos electrónicos portátiles. Algunos estudios reportan la evaluación de la capacitancia en fibras con recubrimiento de nanopartículas híbridas como es el caso del grafeno/MnO₂ alcanzando valores de 315 F/g, este tipo de materiales ofrecen una gran promesa en aplicaciones de dispositivos de almacenamiento de energía a gran escala. Actualmente, diversos grupos de investigación enfocan sus esfuerzos en la obtención y escalamiento de compuestos poliméricos (mezcla de polímeros o polímeros pi-conjugados) con nanopartículas de carbono (incluidos el negro de humo, los CNT y el grafeno) para la producción de fibras e hilos conductores. Estos prometen convertirse en parte esencial de la próxima generación que integran a la perfección la función electrónica en uno de los materiales más versátiles y más utilizados: los textiles, actualmente conocidos como e-textiles. Otros estudios, han centrado su atención en la evaluación de propiedades termomecánicas de monofilamentos a partir de nanocompuestos poliméricos, en los que incorporan porcentajes entre 0.5 y 5% de nanoarcilla (Montmorillonita, MMT) en matrices de PA y polipropileno (PP). Los rendimientos de tracción han mostrado cumplir con los requisitos de muchas aplicaciones textiles, entre ellos el módulo Young (~2.2 GPa) y la tensión media de rotura de ~350 MPa, así como tenacidades con altos rendimientos (30-55 cN/tex). Los resultados en los módulos de almacenamiento por análisis mecánico-dinámico fueron hasta de 4.9 GPa mostrando alta respuesta elástica. El tipo de aplicación para estos materiales es como candidatos en tapicería y neumáticos de refuerzo de

automóviles. También se ha investigado características como la inflamabilidad en materiales textiles a base de PA-6 y nanoarcillas, en el cual se reduce hasta 40% respecto al polímero puro. Estos resultados ofrecen una nueva ruta prometedora para los textiles retardantes de la llama con un efecto permanente (resistentes al lavado) a un costo relativamente bajo y manteniendo las propiedades básicas de los textiles.

De esta forma, se ha ampliado la información sobre los tratamientos superficiales en textiles que contienen nanopartículas como el ZnO las cuales ofrecen propiedades fotocatalíticas, absorción de rayos UV, autolimpieza y propiedades antimicrobianas de forma contundente, estas partículas pueden ser incorporadas para formar un nanocompuesto mediante tratamientos superficiales, in-situ o ex-situ. El ZnO como otros óxidos semiconductores (TiO_2 , SiO_2 y Al_2O_3) se utiliza como protector contra rayos UV y otras aplicaciones antibacterianas que otorgan este tipo de nanopartículas incluyendo la plata y el cobre; comprende la dispersión Rayleigh, específicamente entre 200 a 400 nm. Algunas superficies textiles inertes deben tratarse previamente para lograr que ciertos grupos funcionales estén disponibles en la unión con los agentes de acabado (nanocompuestos y otros). Entre los tratamientos que se utilizan se encuentra la descarga de plasma y aplicación con agentes químicos. Se han estudiado tratamientos con plasma en varios sustratos textiles como algodón, lino, lana y fibras sintéticas, demostrando mayor durabilidad de los efectos funcionales, aumento en el grado de blancura, la eliminación de ceras y agentes de encolado, la absorción y fijación de tintes; y agentes de acabado, además es capaz de proporcionar ciertos grupos funcionales disponibles para unirse al nanocompuesto polimérico.

2.6 Estructuras y tipos de textiles

La aplicación de textiles técnicos se lleva a cabo en todas las áreas de la vida cotidiana, y dependiendo de la necesidad a cubrir, serán las funciones que tendrán los textiles. Las funciones y propiedades de los textiles técnicos pueden generarse en el proceso de acabado y/o por el tipo de material que se utiliza para fabricarlos. Además, existen diferentes tipos de estructuras en los textiles, lo cual no es un factor determinante para que un textil sea técnico, pero la estructura del material si puede determinar su aplicación. Los diferentes tipos de estructuras pueden ser fibras, tejidos de punto y planos, telas no tejidas, hilos, cuerdas, fibras trenzadas, etc. Y de forma más especializada y específica para las telas, éstas podemos clasificarlas como telas en dos dimensiones y telas en tres dimensiones. Las telas en dos dimensiones incluyen tela tejida, tela no tejida, tejido triaxial, telas trenzadas, tejido triaxial trenzado, tejido de punto uniaxial y tejido de punto biaxial. Por otro lado, las telas tridimensionales incluyen estructuras de telas no entrelazadas, estructuras de tejido multisegado, estructura de hilo totalmente entrelazado, tejido ortogonal, tejido multieje, tejido multidimensional totalmente trenzado, entre otros. Cada una de estas estructuras de los textiles tiene un efecto diferente en el desempeño del material, es decir, un mismo material puede estar en forma de multifilamentos de diferentes espesores, conformaciones y geometrías, o en forma de fibras continuas y alineados para formar cuerdas, redes, hilos o conformar una tela no tejida. Inclusive, dependiendo del grado de especialización será su uso, una tela no tejida puede servir para generar un producto común como una bolsa para mandado o para generar un material especializado como un filtro con aplicación médica. Otro ejemplo lo

podemos encontrar en los diferentes usos de la fibra suelta, que, dependiendo de su longitud de corte, el grado de torsión aplicado y tipo de textura que se le otorgue a la fibra pueden dar lugar a la formación de hilos con características diferentes, que a su vez se emplearán para generar tejidos planos y de punto, hilos, cuerdas, etc.

2.7 Aplicación en el sector automotriz

El principal consumidor de textiles técnicos es la industria automotriz en la cual domina el poliéster y la PA, que en conjunto cuentan con el 85% del mercado. La industria automotriz para el sector textil es de gran relevancia, puesto que, del total de polímeros utilizados en los componentes, el 30% son textiles como es el caso de telas para asientos, tapicería del habitáculo, bolsas de aire, filtros, bandas, entre otros. Los hilos técnicos son utilizados en la fabricación de telas tejidas donde se exigen propiedades como alta resistencia y uniformidad de elongación, estabilidad dimensional y buena resistencia a la abrasión. El proceso de tejido garantiza una alta utilización de las características de resistencia del material fibroso inicial a partir del cual se fabrica el tejido. Por lo tanto, se plantean nuevos retos de acuerdo a las condiciones de tejido para nuevos hilos y tejidos complejos que trae consigo el uso de la nanotecnología. El uso de materiales compuestos en autopartes sigue evolucionando, así como la investigación en este campo debido a los altos costos en comparación con algunos metales como el acero. Los materiales compuestos de matriz polimérica se utilizan regularmente en el desarrollo de componentes decorativos como paneles laterales, bandejas, etc. Y las fibras utilizadas como refuerzo regularmente son vidrio, aramida y carbono dependiendo de la

componente de aplicación (ver Tabla 2) (Caicedo, Melo López, Cruz Delgado, & Àvila Orta, 2019)

Tabla 2. Algunos tipos de fibra utilizados en aplicaciones de transporte (Dastjerdi & Montazer, 2010).

Productos textiles / aplicaciones	Transporte terrestre: carros y autobuses	Transporte terrestre: trenes	Marina	Aviación
Aplicaciones funcionales: mangueras de correas de transmisión, neumáticos.	Poliéster, PA, Viscosa	Poliéster	Poliéster	Poliéster, aramida
Interior / compartimiento de pasajeros: asientos, revestimientos de paredes / decoración, revestimientos de techo, paneles de puertas, revestimientos de pisos.	Poliéster, PA, lana y mezclas (para autos de alta gama)	Lana / mezclas sintéticas	Lana / mezclas sintéticas	Lana / mezclas sintéticas; lana/mezclas de aramida
Compartimiento de almacenamiento	Poliéster, PP	N/A	NA	Poliéster, aramida cintas y separadores
Protección: lonas, contenedores flexibles a granel (FBCs por sus siglas en inglés).	N/A	Poliéster, PA, PP	Poliéster, PA, PP	N/A
Aislamiento acústico y térmico: motor, revestimientos aislantes de suelo.	Poliéster, PA, PP	Poliéster, PA, PP	Vidrio	Vidrio y cerámica (aislamiento del motor).
Compuesto con reforzamiento	Poliéster, vidrio, celulosa natural	Vidrio	Vidrio	Vidrio, aramida, carbón
Seguridad: cinturones de seguridad, bolsas de aire	PA-6.6, poliéster	N/A	N/A	Poliéster

Componentes como neumáticos y correas requieren fibras con alta resistencia a la tracción, en los tejidos de asientos y pisos alta resistencia a la abrasión, en los componentes flexibles como filtros alta estabilidad térmica, y en general propiedades como baja inflamabilidad, resistencia a los rayos UV, al calor y al fuego son requerimiento común para los materiales aplicados en la industria automotriz. Por otra parte, la mayoría de las estructuras textiles aplicadas a este sector requieren acabados y/o recubrimientos antes de ser aptos para su uso final. Por ejemplo, el uso de la correa de transmisión o el refuerzo de la manguera requiere un tratamiento de la superficie para mejorar la adhesión a la matriz de plástico o caucho (neopreno) que lo rodea. Las bolsas de aire construidas con hilos de PA-6,6 requieren un recubrimiento que garantice superficies no porosas, y un inflado no explosivo, debido al alto riesgo que puede generar el calor liberado de la reacción para que se produzca el gas (nitrógeno) y a la fricción que genera la rápida expansión del material. Alrededor de las cámaras de combustión se deben aplicar estructuras de tejido cerámico, y en los elementos estructurales más importantes se cuenta con materiales reforzados con fibra de carbono, y aramida para estructuras de paredes, pisos, y fuselaje. Del mismo modo, se utilizan materiales compuestos reforzados con fibra que reemplazan a los metales para aislamiento acústico y anti-vibracionales para embarcaciones marina y aeronaves en aplicaciones que incluyen: cascos, mamparas y superestructuras. Es importante mencionar, que todos los materiales textiles, sin excepción, están sujetos a una variedad de rigurosos regímenes de pruebas de incendio que dependen de la gravedad de este riesgo, por lo tanto, son considerados textiles técnicos. Las telas que contienen fibra de vidrio aluminizado son comúnmente

usadas. Recientemente, se utilizan telas que contienen para-aramida que están diseñadas para contener pequeñas explosiones, así como incendios. En aviación, algunos jets utilizan poliéster en los revestimientos decorativos, y también es común encontrar telas más exóticas como la seda y mezclas de pelo de animales. Algunas mantas para pasajeros fabricadas con tela no tejida comprenden fibras ignífugas, como el poliéster o la lana, o la modacrílica. Las cortinas comprenden telas de poliéster o lana retardantes de llama. En este sentido, diferentes nanocompuestos han sido estudiados en la última década con el fin de reducir significativamente la liberación de calor a la vez que se aumenta la formación de carbono, esto se ha logrado con materiales a base de silicio, boro, fósforo u óxidos de forma sinérgica. Estas cargas incorporadas en la matriz polimérica producen mejoras en la estabilidad térmica, el tamaño de la partícula tiene un gran efecto debido a que la interacción de la carga es alta, cuando se tienen grandes áreas superficiales y esto a su vez dependerá del tamaño. De esta forma, microcompuestos requieren altas cantidades de la carga para lograr resultados significativos, lo que implica un aumento en la densidad del polímero original con propiedades mecánicas dramáticamente alteradas. La dispersión de estas cargas a nanoescala afecta el área superficial, así como el umbral de percolación. Lu y colaboradores (Lu, Xing, Xie, Teh, & Zhang, , 2016) estudiaron varias combinaciones de materiales, diseños y técnicas de fabricación de fibras piezoeléctricas nanoestructuradas con núcleo de policarbonato hueco, rodeado de un revestimiento de múltiples capas de compuestos basados en polivinilideno con nanopartículas de BaTiO_3 , $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ o CNT y como capas conductoras utilizaron polietileno de baja densidad impregnado de carbono). Las fibras resultantes exhibieron una excelente durabilidad con altos voltajes

piezoeléctricos (de hasta 6 V y ~4 nA de corriente) en una prueba cíclica de flexión y liberación mayor a 26,000 ciclos. Las aplicaciones que identificaron son las siguientes: detectores de sonido, recolectores de energía, vasos sanguíneos, tapicería inteligente para asientos de automóviles o materiales portátiles, entre otros.

Bibliografía

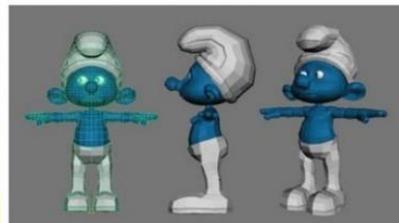
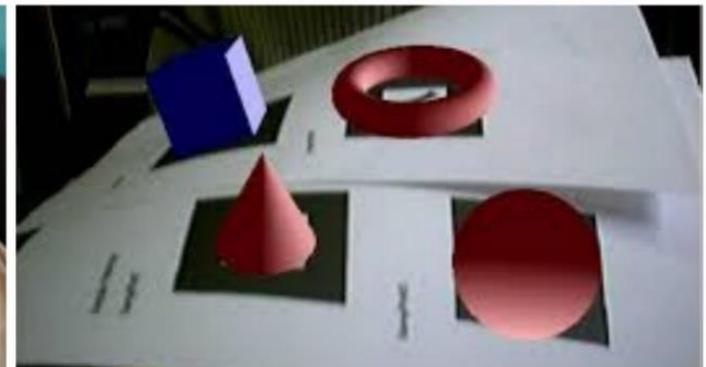
- Caicedo, C., Melo Lòpez, L., Cruz Delgado, V., & Àvila Orta, C. (2019). Biodegradable polymer nanocomposites applied to technical textiles: a review. *DYNA*, *86(211)*, 288-299.
- Dastjerdi, R., & Montazer, M. (2010). A review on the application of inorganic nano-structured materials in the modification of textiles: focus on anti-microbial properties. *Colloids and surfaces B. Biointerfaces*, *79(1)*, 5-18.
- González-Morones, P., Hernández-Hernández, E., Fernández-Tavizón, S., Ledezma-Rodríguez, S., Sáenz-Galindo, A., Cadenas-Pliego, G., & Ziolo, R. (2018). Exfoliation, reduction, hybridization and polymerization mechanisms in one-step microwave-assist synthesis of nanocomposite nylon 6/grapheno. *Polymer*, *146*, 73-81.
- Lu, L., Xing, D., Xie, Y., Teh, K., & Zhang, B. (2016). Electrical conductivity investigation of a nonwoven fabric composed of carbon fibers and polypropylene/polyethylene core/sheath bicomponent fibers. *Materials and Desing*, *112*, 383-391.
- McCarthy, B. (2016). *An overview of the technical textiles sector. In Handbook of technical textiles.* Woodhead Publishing.
- Nayak, R. (2017). *Polypropylene nanofibers: melt electrospinning versus Meltblowing.* Springer.
- Rawal, A., & Mukhopadhyay, S. (2014). *Melt spinning of synthetic polymeric filaments. In Advances in filament yarn spinning of Textiles and Polymers.* Woodhead Publishing.
- Sajjadi, B., Broome, J., Chen, W., Mattern, D., Egiebor, N., Hammer, N., & Smith, C. (2019). Urea functionalization of ultrasound-treated biochar: a feasible strategy for enhancing heavy metal adsorption capacity. *Ultrasonics Sonochemist*, *51*, 20-30.
- Sanchez-Olivares, G., Sanchez-Solis, A., Calderas, F., Medina Torres, L., Herrera-Valencia, E., Rivera Gonzaga, A., & Manero, O. (2013). Extrusion with ultrasound applied on intumescent flame-retardant polypropylene. *Polymer Engineering & Science*, *5*.



FUERZA AÉREA COLOMBIANA
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"
GRUPO ACADÉMICO - PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS



Hablando de Ciencia en EMAVI



Conferencia:

"APLICACIONES DE REALIDAD VIRTUAL EN LA EMAVI"

Conferencista:

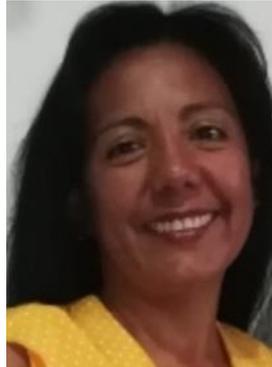
SOFI LORENA RIOCAMPO CORTEZ

Enlace:

<https://lobby.sar.ruav.edu.co/#/1MF8RCK3L24K>

22 JUEVES
octubre | 10:00
2020 | A.M.

“APLICACIONES DE REALIDAD VIRTUAL EN LA EMAVI”



Perfil Profesional:

Sofi Lorena Riocampo Cortez

Profesional en Ingeniera de Sistemas con especialización en Administración de Sistemas de Información, Diplomado de CISCO CCNA, Certificada en cableado estructurado AMP, Auditora Interna de Calidad.

Magister en Ingeniería en Sistemas y Ciencia de la Computación.

Proporciono asesoría en la empresa privada en el área de soluciones en software, trabaje en el Departamento de Telemática (EMAVI) durante 15 años en el cual me desempeñe en los cargos de: Analista de Sistemas y administradora de redes.

Diseño e implementación de los Sistemas de información Gerencial.

Docente del PIINF desde enero de 2012.

Experiencia en el ámbito académico como docente más de 20 años.

ORGANIZADORES:

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA
DALILA VICTORIA RINCON

APLICACIONES DE REALIDAD VIRTUAL EN LA EMAVI

Ing. Sofi Lorena Riocampo*

Resumen: Durante los últimos años los avances tecnológicos han ayudado en gran medida en la dinamización y evolución de la educación. Es por ello que la búsqueda del conocimiento y desarrollo de habilidades han sido fortalecidas logrando una eficiencia en el aprendizaje (Campos Soto, Navas Parejo, Ramos , & Moreno Guerrero, 2020). Un ejemplo de estas tecnologías es: La gamificación, los juegos serios, los rompecabezas manuales virtuales, experiencias de inmersión, en los cuales, a través de un juego se puede transmitir un mensaje con propósito de aprendizaje a cualquier nivel de educación.

Hoy en día con el auge de la tecnología, la actividad de conocer ya no se relaciona con un entorno cerrado como el de un aula de clase y un maestro. Más bien las técnicas de aprendizaje se han dinamizado al punto que en ocasiones el maestro no es imprescindible para impartir el conocimiento. El objetivo es lograr en los estudiantes, el desarrollo de habilidades como concentración, resolución de problemas, toma de decisiones y memorización, entre otras. Así como la motivación, atención y entretenimiento para lograr que el proceso de aprendizaje se torne efectivo a través de la aplicabilidad de los principios de gamificación.

La conferencia tiene como fin la presentación de los desarrollos en los que se han aplicado técnicas de realidad virtual, especialmente la implementación del proyecto que tiene como título “Sistema interactivo virtual basado en gamificación para la instrucción básica militar en el área del manejo del armamento por parte del Grupo de Seguridad y Defensa de bases No. 10 de la Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suarez”. Así mismo se presentarán otros proyectos relacionados con la temática principal.

Palabras clave: Realidad Virtual, Realidad Aumentada, Gamificación.

Introducción

El surgimiento y evolución de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, en adelante TIC's, crea un contexto cambiante, donde la rápida capacidad de adaptación e innovación dentro de sus procesos conlleva al éxito de cualquier organización (Linares-Pons & Verdecia-Martínez, 2014). Su desarrollo y utilización contribuye a que los procesos de enseñanza-aprendizaje sean más colaborativos, interactivos y flexibles (Granda Asensio, Espinoza Freire, & Mayon Espinoza, 2019), como es el caso del Grupo Académico, en adelante GRUAC; en la Escuela Militar de Aviación, en adelante EMAVI. Las TIC's aportan al campo de la educación aspectos innovadores, dando como resultado una mejora en las formas de enseñar y aprender con un desarrollo en el que intervienen varias ciencias, entre ellas la pedagogía y la computación. El objetivo de este documento es dar a conocer los aportes actuales que se han desarrollado desde el Programa de Ingeniería Informática a partir de los estudios de maestría de la Ing. Sofi Lorena Riocampo relacionada con la interacción Humano-Computador y el proyecto de grado de dichos estudios de posgrado, denominado Sistema Interactivo Virtual Basado en Gamificación para la instrucción básica militar en el área del manejo del armamento por parte del Grupo de Seguridad y Defensa de Bases No. 10 de la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suarez". Se utilizó metodología de investigación científica y para el desarrollo del sistema las metodologías de Prototipado rápido y SUM y como herramienta Unity. Además, se muestra otros proyectos relacionado con las tecnologías inmersivas a través de la realidad virtual.

Contenido

La utilización de las TIC's en la educación se ha materializado con la implementación de ambientes virtuales de aprendizaje, que se articulan con las características de los procesos de enseñanza-aprendizaje favoreciendo el surgimiento de diferentes herramientas que apoyan este objetivo (Campuzano Urbano & Muñoz Gómez, 2019). Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado la EMAVI no ha sido indiferente a esta situación y por tanto ha apoyado y fortalecido este tipo de desarrollos. A continuación, se describe el proceso de desarrollo de un proyecto encaminado a fortalecer el entrenamiento básico militar en el área de armamento terrestre.

La metodología implementada para el proyecto es la descriptiva, con el uso de Prototipado rápido y SUM como metodologías de desarrollo de software y diseño de videojuegos respectivamente (Pressman, 2014), (Acerenza, , y otros, 2009), Figura No. 1. Como primer paso se realizó una revisión teórica sobre los adelantos en la aplicabilidad de la realidad aumentada y virtual en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Se establecieron los requerimientos funcionales y no funcionales a través de entrevistas con los diferentes interesados del proyecto. Se generó el primer prototipo usando el motor de videojuegos Unity (Figura No. 2), los modelos en 3D se trataron en Blender para su posterior exportación (Figura No. 3), para la implementación de la realidad aumentada se utilizó ARtoolkit para entrenar los marcadores (DAQRI, ARTruth Co. Ltd, en línea, 2020) y se decidió estamparlos en un cubo para que los usuarios tuvieran fácil manipulación de los mismos y evitar su pérdida en caso de tenerlos de manera independiente, (Figura No. 4).

Figura No. 1



Figura No. 2



Figura No. 3

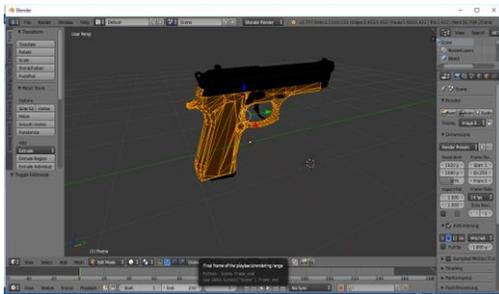


Figura No. 4



Finalmente se realizan las validaciones pertinentes con los usuarios finales, con el fin de dar cumplimiento a los requerimientos establecidos y acatar las recomendaciones presentadas.

Resultados

Se creó un nuevo modelo de aprendizaje para la instrucción básica militar en el aspecto teórico del armamento terrestre con base en un sistema de información con principios de gamificación. Se diseñó una arquitectura flexible con el fin de poder implementar más armas de entrenamiento. De acuerdo a las pruebas finales en producción del sistema, frente a la capacitación tradicional de los aspectos teóricos del entrenamiento básico militar, se pudo establecer que en promedio el 97% de las personas quedaron motivadas

para volverlo a usar por ser entretenido, innovador e interesante; Por otro lado los participantes evaluados reportan que con el uso del sistema lograron una mejor asimilación de la información con respecto a la metodología actual, ya que la calificación promedio de la evaluación de conocimientos sobre el Fusil Galil fue de 4.2 y los que usaron la cartilla, obtuvieron un promedio de 3.3.

Retos Enfrentados

La selección de una herramienta que cumpliera con la compatibilidad tanto del uso de imágenes en 3D como la implementación de la realidad aumentada, teniendo en cuenta que era un ambiente con el cual no se contaba con ningún tipo de experiencia.

La manipulación de imágenes 3D con respecto al modelado y generación de partes de cada imagen a través de las mallas correspondientes, para lo cual se tuvo que aprender el uso de Blender, Autocad, Solid Works, entre otros. El posicionamiento de las imágenes dentro de los escenarios y el terreno establecido y el proceso de almacenamiento de la información a través de archivos .XML. Para la realidad aumentada el entrenamiento de los marcadores teniendo en cuenta la posición, tamaño del marcador y la información que se quería mostrar con cada uno.

Trabajos similares

Aprovechando el auge de esta tecnología y los conocimientos previos para su implementación, se hace imprescindible seguir aportando a la mejora continua del proceso educativo en la EMAVI, es por eso que se presentan dos trabajos que al igual que el primer proyecto han proporcionado un medio de aprendizaje diferente; a saber,

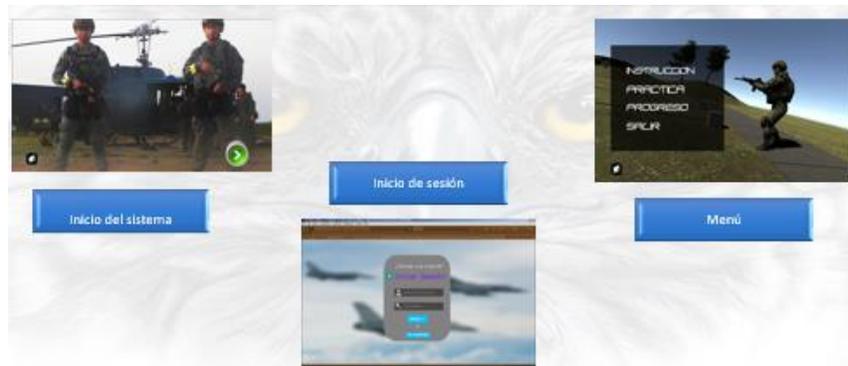
Desarrollo de un entorno virtual de aprendizaje para la instrucción de los sistemas de control de la Aeronave T90C de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”, este proyecto está dirigido a los pilotos alumnos del curso de tierra en el cual deben reconocer, memorizar y establecer el uso de los sistemas de control del T90C, para lo cual se creó un escenario con la ambientación de un hangar y modelaron todas las partes, agregándoles menús emergentes en el cual se muestra la funcionalidad y demás aspectos relevantes, en vez de tener que leer todos manuales referentes a estos sistemas

Figura No. 5. El segundo proyecto está titulado Desarrollar un prototipo de polígono virtual para el Grupo Cadetes de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”. En la actualidad la EMAVI no cuenta con un polígono de entrenamiento militar y para esta actividad el personal militar debe desplazarse hacia otra unidad produciendo que este proceso sea un poco dispendioso y como resultado no se realice de manera permanente. El proyecto fue desarrollado en el motor de videojuegos Unity, en el que se aprovecha la bondad de la creación de un terreno y el empleo de FPS (First-Person Shooter), se diseñó un menú inicial al cual se puede acceder luego de una validación de usuario y contraseña, luego se ingresa al campo de práctica y al finalizar se puede tener una retroalimentación del puntaje adquirido de acuerdo a las diferentes posiciones del entrenamiento de tiro; así mismo el instructor también podrá obtener un informe final del progreso del personal militar en instrucción, Figura No. 6.

Figura No. 5



Figura No. 6



Conclusiones

El estudio realizado permite concluir que la implementación de nuevas herramientas tendientes al uso de realidad aumentada en el proceso de enseñanza/aprendizaje ayuda de manera exitosa a complementar las metodologías actuales (Juan, Gómez , & Viniegra , 2019).

De manera general, se recomienda para trabajos futuros estimular el empleo de los nuevos paradigmas y esencialmente la tendencia a la virtualización, para el desarrollo de

sistemas computacionales con el objetivo de mejorar proceso de transmisión y adquisición del conocimiento.

Bibliografía

Acerenza, N., Coppes, A., Mesa, G., Viera, A., Fernández, E., Laurenzo, T., & Vallespir, D. (2009). *Una Metodología para Desarrollo de Videojuegos*.

Campos Soto, M., Navas Parejo, Ramos, M., & Moreno Guerrero, A. (2020). Realidad virtual y motivación en el contexto educativo: Estudio bibliométrico de los últimos veinte años de Scopus ALTERIDAD. *Revista de Educación, 15(1)*, 47-60.

Campuzano Urbano, J., & Muñoz Gómez, A. (2019). *Importancia de las TIC para el desarrollo de la educación en Colombia*.

DAQRI, ARTruth Co. Ltd, en línea. (18 de noviembre de 2020). Obtenido de <https://artoolkit.org/documentation/>

Granda Asensio, L., Espinoza Freire, E., & Mayon Espinoza, S. (2019). ICT as didactic tools of the teaching-learning process. *Conrado, 15(66)*, 104-110.

Juan, B., Gómez, P., & Viniegra, L. (2019). La Realidad Virtual Inmersiva como herramienta educativa para la transformación social: Un estudio exploratorio sobre la percepción de los estudiantes en Educación Secundaria Postobligatoria. *Aula abierta, 48(2)*, 157-166.

Linares-Pons, N., & Verdecia-Martínez, E. (2014). Trends in the development of ICT and its impact on the field of teaching. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 8(1)*.

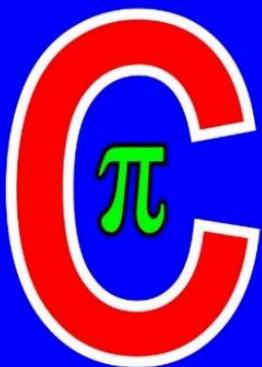
Pressman, R. (2014). *Modelos del proceso*, in *Ingeniería del Software: Un enfoque práctico* (Séptima edición ed.). Mc Graw Hill.



FUERZA AÉREA COLOMBIANA
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"
GRUPO ACADÉMICO - PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS



Hablando de Ciencia en EMAVI



Conferencia:

"LA FÍSICA DETRÁS DE LOS SUPER HÉROES"

Conferencista:

JORGE ELIECER MURILLO BALLESTEROS

Enlace:

<https://lobby.sar.ruav.edu.co/#/1MF9GVCK43WK>

29 **JUEVES**
octubre | **10:00**
2020 | **A.M.**

“LA FISICA DETRÁS DE LOS SUPER HEROES”



Perfil Profesional:

Jorge Eliecer Murillo Ballesteros

Físico de la Universidad del Valle. Con amplia experiencia en docencia universitaria. En la actualidad se desempeña como Profesor de planta del Departamento de Ciencias Básicas de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”, EMAVI, profesor hora catedra en el Departamento de física de la Universidad del Valle y de la Universidad Nacional de Palmira. Cuenta con 7 años como docente en la EMAVI.

Dentro de su trayectoria esta la labor docente en diferentes universidades de la ciudad de Cali, dentro de ellas está la Universidad Autónoma de Occidente.

ORGANIZADORES:

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA
DALILA VICTORIA RINCON

LA FÍSICA DETRÁS DE LOS SUPERHEROES

J. E. Murillo B*

Resumen

El presente trabajo pretende mostrar como algunas de las habilidades de los Superhéroes tienen explicación desde el punto de la física. Se estudian algunas habilidades de Superman, Flash y Spiderman. Además, se ponen a competir Superman y Flash con una persona sin habilidades especiales y se llega a la conclusión que en algunas habilidades compiten a la par.

Palabras clave: Superhéroes, hilo de araña, velocidad de la luz, Kriptón, leyes de Newton, energía, cinemática

Introducción y contenido.

El primer contacto que muchos de nosotros hemos tenido con los superhéroes ha sido mediante la lectura de comics, o también porque hemos ido al cine a disfrutar de una película donde estos son los protagonistas. En cualquiera de las dos circunstancias nos hemos sentido atraídos por estos seres extraordinarios, bien sea por sus fabulosas y extrañas habilidades que desafían las leyes de la naturaleza, o por defender la justicia y desvalidos.

Dentro de esas portentosas habilidades que tienen los superhéroes están por ejemplo la superfuerza de Superman, la velocidad de Flash y la escalada de muros por Spiderman entre otras. Al ver todas esas proezas que pueden realizar con sus habilidades nos hemos preguntado ¿es esto posible? ¿será que un ser humano normal podrá realizar alguna de estas hazañas? ¿todos estos poderes son en realidad ciencia producto de la ciencia ficción?

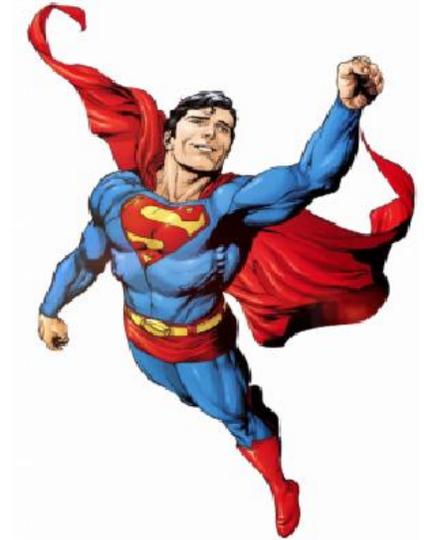
Lo que pretende este artículo es examinar las cuestiones arriba mencionadas y algunas más desde el punto de vista de la física. Es de anotar que analizan situaciones particulares que tienen que ver con algún principio o ley particular de la física.

Como ya se mencionó para explicar algunas de las proezas y habilidades de los superhéroes se utilizará la física, pero vamos a hacerlo de una manera sencilla utilizando para ello un poco de matemática básica, además de algunos supuestos y razonamientos lógicos, pues la idea es hacer del escrito algo fácil de seguir y no escribir todo un tratado de física sobre el tema. De otro lado por cuestiones de espacio solo podremos estudiar unos pocos super héroes como Superman, Spiderman y Flash.

Como objetivo me propondré analizar una habilidad de los superhéroes antes mencionados. Por lo tanto, no me detendré en dar mucha información sobre el comic como tal (quien lo creo, fecha de aparición, etc.).

Superman

Superman es quizás el superhéroe más antiguo en la historia de los comics, aparece en 1938, año que pertenece a la *edad de oro*¹ de los comics (1938 - 1956).



Superman. Imagen tomada de es.wikipedia.org, s.f

“...Tradicionalmente se considera, sin embargo, que el primer superhéroe de la historia fue Superman (1938) de DC Comics, cuyo éxito fue enorme y generó un sinnúmero de imitaciones que sostuvieron la industria del comic book durante años. Pero es imprescindible observar que, antes que los estadounidenses The Phantom y Superman, en Japón surge Fantasmagórico (1930 o 1931), personaje que anticipa características obvias (apariencia espectral, así como la habilidad para volar) que luego se asocian con The Phantom, Superman y Batman. Hay que recordar que Fantasmagórico es el nombre castellano del héroe

¹ La Edad de Oro de los cómics, o Golden Age, fue el mayor período en la historia de los cómics estadounidenses, que estuvo presente desde 1938 y los años 40 hasta 1956, empezando con uno de los primeros superhéroes en la historia, Superman, cuyo éxito provocó que se crearan más superhéroes, como es el caso de: el Capitán Marvel, Batman y Robin, Plastic Man, el Capitán América, Namor, Wonder Woman, Aquaman, el Hombre Halcón, Dr. Fate, Flecha Verde o las primeras adaptaciones de superhéroes popularizados o reeditados en la Edad de Plata de los comic-books, como Flash, Átomo, Linterna Verde, el Ángel, la Antorcha Humana o el Daredevil de Lev Gleason Publications. (Oregon Public Broadcasting, 2014).

japonés; su nombre original es Ōgon Bat; el Murciélago Dorado...

(AGUILERA, R & DIAZ, 2020)

Superman también es uno de los superhéroes más reconocidos y amados por el público en general. De acuerdo con la literatura Superman nace en el planeta Kriptón.

“Superman nació en el planeta Krypton² y recibió el nombre de Kal-El al nacer. Cuando era bebé, sus padres, el científico Jor-El, y su esposa Lara Lor-Van, lo enviaron a la Tierra en una pequeña nave espacial momentos antes de que Krypton fuera destruido en un cataclismo natural. Su nave aterrizó en el campo estadounidense, cerca de la ciudad ficticia de Smallville. Fue encontrado y adoptado por los agricultores Jonathan y Martha Kent, quienes lo llamaron Clark Kent. Clark desarrolló varias habilidades sobrehumanas, como una fuerza increíble y una piel impermeable. Sus padres adoptivos le aconsejaron que usara sus habilidades en beneficio de la humanidad y decidió luchar contra el crimen como un justiciero.” (AGUILERA, R & DIAZ, 2020)

De lo anterior se tiene que a diferencia de muchos otros superhéroes Superman es extraterrestre. La idea es obtener alguna información de su planta natal de acuerdo con alguna de sus habilidades.

Superman nació en el planeta Krypton y recibió el nombre de Kal-El al nacer. Cuando era bebé, sus padres, el científico Jor-El, y su esposa Lara Lor-Van, lo enviaron a la Tierra en una pequeña nave espacial momentos antes de que Krypton fuera destruido en un cataclismo natural. Su nave aterrizó en el campo estadounidense, cerca de la ciudad ficticia de Smallville. Fue encontrado y adoptado por los agricultores Jonathan y Martha Kent, quienes lo llamaron Clark Kent. Clark desarrolló varias habilidades sobrehumanas, como una fuerza increíble y una piel impermeable. Sus padres adoptivos le aconsejaron que usara sus habilidades en beneficio de la humanidad y decidió luchar contra el crimen como un justiciero. (es.wikipedia.org, 2020)

En su niñez e incluso parte de su adolescencia Superman no dominaba la técnica del vuelo, pero podía dar grandes saltos. Podía llegar a saltar por encima de edificios de hasta cincuenta pisos (unos 200 metros aproximadamente).

“De acuerdo con su historia original en el número 1 de Superman, el rango estaba en torno a unos 200 metros. Suponiendo que pudiera saltar esta altura en línea recta, esto equivale aproximadamente a la altura de un edificio de unos treinta o cuarenta pisos, lo cual en 1938 se consideraba bastante alto” (Kakalios, 2006)

De acuerdo con lo anterior surge la siguiente cuestión: ¿Cuál debería ser la velocidad de despegue de Superman para que pueda elevarse hasta una altura de 200 metros? Para responder a esta cuestión podemos simular el movimiento de Superman como el movimiento de un objeto que es lanzado verticalmente con cierta velocidad para alcanzar dicha altura. Este movimiento es un movimiento de caída libre puesto que está influenciado únicamente por la gravedad. La cinemática (rama de la física) nos provee de una ecuación que relaciona la velocidad con que se debe lanzar un objeto para que llegue a determinada altura, esta es

$$v_0 = \sqrt{2gh}$$

De donde v_0 es la velocidad, g la aceleración de la gravedad (9.8 m/s^2) y h la altura a la cual se debe llegar. Insertando los valores se tiene

$$v_0 = \sqrt{2 * 9.8 \text{ m/s}^2 * 200 \text{ m}}$$

$$v_0 = 62.61 \text{ m/s} = 225.4 \text{ km/h}$$

Como se puede ver esta es una velocidad bastante alta, pero surge otra pregunta ¿cómo es posible que pueda lograr esta velocidad? La respuesta es la que todos esperamos, son los músculos de sus piernas que le proveen y le dan el impulso necesario para lograrlo.

Abriré un paréntesis aquí antes de entrar a analizar el gran salto de Superman, para decir que un ser humano bien entrenado puede llegar a saltar verticalmente hasta una altura de 1.20 metros, de hecho, el récord mundial de altura a cuerpo parado lo ostenta el canadiense Evan Ungar con una altura de 1,61 metros.

“El récord mundial de salto de altura a cuerpo parado lo tiene el canadiense Evan Ungar, con una espectacular marca de 161 cm. No obstante, casos como los de Ungar son realmente raros y se limitan a deportistas de élite que entrenan día y noche para potenciar la musculatura en el tren inferior y mejorar este tipo de movimiento”
(Zahumenszky, C., 2018)

Comparando el salto de Superman con el de Ungar se tiene que el salto de Superman es de alrededor de 124 veces mayor. Este valor nos da una idea de lo poderosas que son

las piernas de Superman el gran esfuerzo y potencia que liberan para lograr semejante salto.

Para que Superman pueda elevarse debe vencer la fuerza con que la tierra lo pega a tierra, esto es la fuerza de gravedad (en este caso es igual al peso de Superman, que es igual a la masa de Superman multiplicada por el valor de la aceleración de la gravedad). Lo anterior quiere decir que para que Superman pueda despegarse del piso los músculos de sus piernas deben suministrarle una aceleración mayor que la aceleración de la gravedad ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$).

La aceleración de despegue de Superman se puede calcular por medio de la ecuación

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Donde Δv es el cambio en la velocidad que se calculó arriba (62.61 m/s) y Δt es el tiempo que tarda el proceso de despegar del piso, se tomara un valor de 0.15 segundos que es lo que tarda Superman en agacharse e impulsarse. Al reemplazar estos valores en la anterior ecuación se obtiene un valor de

$$a = 417.4 \text{ m/s}^2$$

Si un automóvil tuviese esta aceleración podría ir de cero a 100 km/h en alrededor de siete centésimas de segundo. Esta aceleración es aproximadamente cuarenta y tres veces mayor que la aceleración de la gravedad (42.6g).

Utilizando la segunda ley de Newton, se puede calcular la fuerza con la que sale disparado Superman. Esta ley establece que el valor de la masa del cuerpo multiplicada por la aceleración da fuerza, esto es

$$F = ma$$

Si se toma un valor 102 kilogramos para la masa de Superman (Kakalios, 2006), se tiene

$$F = 102. \text{kg} * 417.4 \text{ m/s}^2 = 42574.8 \text{ N}$$

También se podría calcular la potencia (gasto de energía por unidad de tiempo) que suministran los músculos de las extremidades inferiores de Superman para impulsarlo.

La potencia se calcula mediante la ecuación

$$P = Fv$$

Al reemplazar los datos de fuerza y velocidad obtenidos se tiene una potencia de

$$P = 2665608.228 \text{ W} = 2.665 * 10^6 \text{ W}$$

Este gasto energético equivale a mantener encendidas 148 bombillas de 5 W durante una hora. Surge la duda ¿de dónde extrae Superman tal energía? La respuesta es simple Superman proviene del planeta (Kripton), que estaba ubicado en un antiguo sistema solar cuyo sol era rojo (provee una radiación débil, es decir poca energía), al llegar a la tierra con un sol amarillo (radia o emite mayor energía que el sol rojo) obtiene sus poderes pues dispone de mayor energía.

Aparte de lo anterior también se tiene Superman puede dar estos saltos tan grandes en la tierra porque sus piernas eran capaces de sostenerlo en pie en Kriptón, donde

gravedad era mucho mayor que la de la tierra. Es exactamente igual a la situación de los astronautas cuando viajan a la luna donde avanzan más de un salto debido a que la gravedad en la luna es la sexta parte que la de la tierra.

“...Por lo tanto, a principios de la década de 1950 se explicó que los kryptonianos eran impotentes en su propio planeta y obtendrían superpoderes solo en un entorno de menor gravedad. Esto coincidió con las teorías correctas que se están publicando de que cuando el hombre llegue a la Luna (un entorno de gravedad más ligera) podrá levantar grandes masas y saltar grandes distancias. A principios de la década de 1960, se agregó a esto la necesidad de estar expuesto a los rayos de un sol amarillo (en comparación con el sol rojo de Krypton, Rao, que era más viejo y frío, o que emitía menos energía) para ganar superpoderes, con el aspecto del sol amarillo, pronto ganando un énfasis mucho mayor. Se introdujeron otros cambios en el concepto de Krypton y su cultura, muchos de los cuales fueron estilísticos”. (es.wikipedia.org., s.f.)

Ya que estamos en este punto del planeta natal de Superman, la idea es que con la información que contamos hasta aquí podamos obtener algunos datos interesantes sobre Kriptón.

Básicamente podemos suponer que la fuerza que hacen los músculos de las piernas de Superman para sostener su peso en Kriptón es de aproximadamente del treinta por ciento de la fuerza que hacen para elevarse (en su salto más alto). Esta suposición

se hace debido algunos estudios que se han realizado con algunos atletas. Con esta información entonces se tiene que el peso³ de Superman en Kriptón es

$$peso = w = mg_{Kriptón} = 0.3 * 42574.8 N = 12772.44 N$$

Ahora bien, por la definición de peso si se divide el peso de Superman en Kriptón entre su masa se obtiene el valor de la aceleración de la gravedad en Kriptón y esta es

$$g_{Kriptón} = 125.22 \text{ m/s}^2$$

Este valor es mucho mayor que la aceleración de la gravedad en la tierra, que como sabemos tiene un valor de 9.8 m/s^2 . La aceleración en Kriptón de

$$g_{Kriptón} = 12.78g_{Tierra}$$

Es decir, la gravedad en Kriptón es aproximadamente trece veces la gravedad en la tierra, siendo esto así queda entonces explicado o justificado el por qué Superman puede saltar tanto y tener superfuerza.

³ El peso de un objeto se define como el producto entre la masa del cuerpo y el valor de la aceleración gravitacional en lugar donde este se encuentra. Es decir, el peso depende de donde se mida, mientras que la masa no. La masa es el contenido de material del objeto y es una propiedad en si del objeto.

“Conociendo” el valor de la gravedad en Kriptón se pueden conocer algunas características físicas de este pariendo de la ley de gravitación universal de Newton. Esta Establece que:

“Toda partícula en el Universo atrae a cualquier otra partícula con una fuerza que es directamente proporcional al producto de sus masas e

inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas.”

(Serway, R. A., & Jewett, Jr., J. W., 2018)

Si las partículas tienen masas m_1 y m_2 y están separadas una distancia r , la magnitud de esta fuerza gravitacional es

$$F_g = -G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

De donde G , es la *constante de gravitación universal* y tiene un valor de $6.674 \cdot 10^{-11}$ N.m²/kg².

Si una de las partículas somos nosotros y la otra es el planeta, y estamos de pie sobre la superficie de este, entonces la fuerza con que nos atrae el planeta es nuestro peso en ese planeta. Por lo tanto, al dividir la anterior ecuación por nuestra masa se obtiene el valor de la aceleración de la gravedad en la superficie del planeta esto es

$$g = -G \frac{M}{r^2}$$

Si se aplica esta ecuación tanto para Kriptón como para la Tierra y luego se dividen estas expresiones se obtiene

$$\frac{g_{Kript\acute{o}n}}{g_{Tierra}} = \frac{M_{Kript\acute{o}n} r_{Tierra}^2}{M_{Tierra} r_{Kript\acute{o}n}^2}$$

En la literatura se encuentra que Kriptón es un planeta muy similar a la tierra

“...En su primera aparición, Krypton solo se representó en el momento de su destrucción. Pronto, a partir de la tira cómica de Superman, se

demonstró que Krypton era un planeta similar a la Tierra, solo que más antiguo por eones y que poseía todo el progreso beneficioso que implicaba (aunque la desventaja fue la pista de que Krypton explotó debido principalmente a la vejez)” (es.wikipedia.org., s.f.)

De acuerdo con esta información no sería descabellado pensar que el radio de Kriptón es muy similar al de la tierra, por lo tanto, asumiré que el radio de Kriptón es ligeramente mayor que el radio de la tierra, aproximadamente un 10% mayor, esto es

$$r_{Kripton} = 1.1r_{Tierra}$$

Si se reemplaza este radio y el valor de la aceleración de la gravedad encontrado se obtiene el siguiente valor para la masa de Kriptón

$$M_{Kripton} = 15.46M_{Tierra}$$

Es decir, la masa de Kriptón es aproximadamente quince veces la masa de la tierra. Realizando otro análisis examinemos como es la densidad de Kriptón respecto de la de la tierra. La densidad es la razón entre la masa del objeto y el volumen de este, entonces se tiene

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Si consideramos al planeta como una esfera perfecta la densidad bien sea para la tierra o para Kriptón será

$$\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi r^3}$$

Realizando el cociente entre la densidad de Kriptón y la Tierra después de haber reemplazado los valores obtenidos

$$\rho_{Kripton} = 11.62\rho_{Tierra}$$

La densidad media de la tierra es de $5.5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, con lo cual se tendría una densidad media para Kriptón de

$$\rho_{Kripton} = 6.388 \cdot 10^4 \text{ kg/m}^3$$

Este resultado indica que la densidad de Kriptón es casi doce veces la densidad de la tierra. En la siguiente tabla se presentan las densidades de algunos materiales conocidos en la tierra

Tabla 1. Densidades de algunas sustancias comunes a temperatura estándar (0 °C) y presión (atmosférica) (Serway & Jewett, Jr., 2018)

Sustancia	ρ (kg/m ³)	Substance	ρ (kg/m ³)
Aire	1.29	Hierro	7.86×10^3
Aire (a 20°C y presión atmosférica)	1.20	Plomo	11.3×10^3
Aluminio	2.70×10^3	Mercurio	13.6×10^3
Benceno	0.879×10^3	Nitrógeno gaseoso	1.25
Latón	8.4×10^3	Roble	0.710×10^3
Cobre	8.92×10^3	Osmio	22.6×10^3
Alcohol etílico	0.806×10^3	Oxígeno gaseoso	1.43
Agua pura	1.00×10^3	Pino	0.373×10^3
Glicerina	1.26×10^3	Platino	21.4×10^3
Oro	19.3×10^3	Agua de mar	1.03×10^3
Helio gaseoso	1.79×10^{-1}	Plata	10.5×10^3
Hidrógeno gaseoso	8.99×10^{-2}	Estaño	7.30×10^3
Hielo	0.917×10^3	Uranio	19.1×10^3

Si comparamos los datos registrados en la tabla 1 de densidades con la densidad calculada para Kriptón esto nos lleva a pensar que este planeta está constituido o formado por materiales desconocidos hasta el momento en la tierra, pues como se puede

observar la densidad media de Kriptón excede por mucho la densidad de los materiales existentes en la tierra donde el material más denso es el osmio

Si quisiéramos obtener la masa de Kriptón utilizaríamos el resultado obtenido anteriormente donde la masa de Kriptón está en términos de la masa de la Tierra, esto es $M_{Kriptón} = 15.46M_{Tierra}$. Al sustituir el valor de masa de la tierra que está registrado en la tabla 2, se tiene un valor para la masa de Kriptón de $9.23 \cdot 10^{25}$ kg. Este valor de masa Es muy parecido a la masa del planeta Urano, pero contenido en un volumen que es aproximadamente cincuenta veces menor que el de Urano.

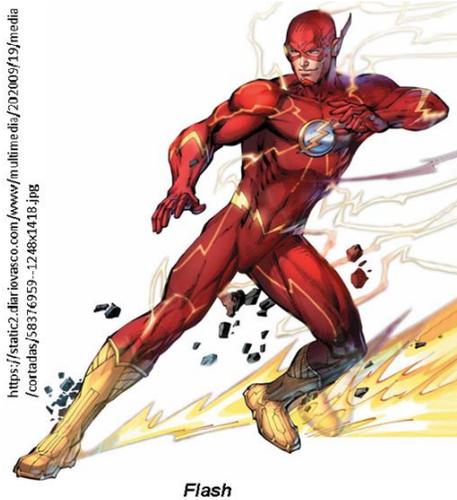
De todo lo anterior y con los conocimientos que se tienen nos lleva a concluir que de haber existido Kriptón sería un planeta que estuvo ubicado en algún sistema por fuera de nuestra galaxia donde existían sustancias hasta el momento por nosotros desconocidas.

Flash

"Flash (conocido también como The Flash) es el nombre de varios superhéroes ficticios que aparecen en los cómics estadounidenses publicados por DC Comics. Creado por el escritor Gardner Fox y el artista Harry Lampert, el "Flash" original apareció por primera vez en Flash Comics #1 (fecha de portada de enero de 1940 / mes de noviembre de 1939). Apodado el "Corredor Escarlata", todas las encarnaciones del Flash poseen "súper velocidad", que incluye la capacidad de correr,

moverse y pensar extremadamente rápido, también puede atravesar la materia sólida, usar reflejos sobrehumanos y aparentemente violar ciertas leyes de la física, como superar la velocidad de la luz". (es.wikipedia.org., s.f.)

Figura 2. Flash



Los poderes de Flash se originan durante un accidente en el laboratorio donde trabajaba, al caer un rayo Barry Allen (identidad secreta) es bañado por una serie de químicos que hacen que su ADN mute y le otorgue poderes. Se dice que Flash es un metahumano⁴.

Dentro de los poderes que se le atribuyen a Flash están:

“...la capacidad de correr, moverse y pensar extremadamente rápido también puede atravesar la materia sólida, usar reflejos sobrehumanos y aparentemente violar ciertas leyes de la física, como superar la velocidad de la luz...” (es.wikipedia.org., 2020)

De todos estos poderes que tiene Flash solo analizare su capacidad para correr rápido. Con esto en mente entonces podemos preguntarnos ¿De dónde extrae Flash la energía para mantener su super velocidad? Dado que Flash es un humano la respuesta a esta pregunta es sencilla, son los alimentos que ingiere los que le proveen de energía. Esto significa que Barry Allen, Flash, debe tener una dieta hipercalórica que para poder compensar el gasto energético que le implica correr tan rápido, al igual que cualquier atleta de alto rendimiento.

Aquí se hará un cálculo aproximado de la cantidad de alimento que debe ingerir Flash para una carrera. Para realizar estos cálculos se necesita de la masa de Barry, según Wikipedia, la masa de Barry es de 81 kg y además tiene una estatura de 1.87 metros. De acuerdo con la información Flash puede superar la velocidad de la luz, para evitar

⁴ Metahumanos: humanos modificado genéticamente para ser más poderosos. Esta modificación puede ocurrir de manera accidental (Spiderman, Flash) o provocada de manera intensional (Hulk)

problemas con la relatividad especial y tener que realizar correcciones relativistas (dilatación del tiempo, contracción de la longitud correcciones en la masa, etc), no se utilizara la velocidad de flash como la velocidad de la luz. De acuerdo con la física no se realizan correcciones relativistas a aquellos cuerpos que se muevan a velocidades inferiores al 10 por ciento de la velocidad de la luz, esto es, $0.1c$ ($c = 300000 \text{ km/s} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$) de donde c es la velocidad de la luz. Entonces se utilizará una velocidad de $v = 3 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ para realizar nuestro calculo

Como alimento hipercalórico se tomará un combo de hamburguesa, papas y refresco. La cantidad de energía que proveen los alimentos se mide en calorías ($1 \text{ cal} = 4.186 \text{ Julios}$). La cantidad de calorías que provee el combo es de 1260 calorías distribuidas

así: Hamburguesa completa con 500 a 600 calorías, porción de papas chicas un promedio de 400 calorías y un vaso de refresco 260 calorías. En la figura siguiente se ilustra un combo típico.



Figura 3. Combo Hamburguesa, papas frita y refresco. Figura tomada de <https://800noticias.com/cms/wp-content/uploads/2015/10/combo.jpg>

Con estos datos se determinará cuantos combos típicos debe comer Flash para correr como lo hace. Entonces se tiene, por un lado, que la cantidad de energía de un combo es

$$Q_{Hamburguesa} = 1260 \text{ cal} = 5274.63 \text{ J}$$

La energía que necesita Flash para correr a $0.1c$, esta dada por la energía cinética es

$$K = \frac{1}{2}Mv^2 = 3.64 * 10^{16} \text{ J}$$

Entonces el número de combos que debe comer Flash esta dado por la división entre la energía de Flash y la energía provista por el combo

$$n = \frac{K}{Q_{Ham}} = 6.9 * 10^{12}$$

Este es un resultado extremadamente grande pues son alrededor de casi siete billones de combos. Lo cual nos dice que esto es imposible, pero sigamos un poco más adelante, si consideramos el cuerpo como una maquina (no hay razones para que esto no sea así) se tiene por la segunda ley termodinámica que parte de la energía se convierte calor y este calor se utiliza en incrementar la temperatura del cuerpo. La expresión que permite calcular este incremento en la temperatura es

$$\Delta T = \frac{Q}{mc}$$

De donde Q es el calor absorbido o entregado al cuerpo, m la masa del cuerpo y c es el calor específico⁵ de este.

Considerando el cuerpo de Flash como una maquina con un 70% de eficiencia (esto significa que el 30% de la energía que consume se convierte en calor) se tiene el treinta por ciento de la energía consumida que se transforma en calor es de $1.09 \cdot 10^9$ Joules. El calor específico promedio del cuerpo humano es de $3470 \text{ J}/(\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C})$. Al reemplazar todos estos datos en la anterior ecuación se tiene

$$\Delta T = \frac{1.09 * 10^{16} \text{ J}}{81 \text{ kg} * 3470 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})} = 3.88 * 10^{10} \text{ } ^\circ\text{C}$$

Como se puede ver esta es una temperatura extremadamente alta e improbable que un ser humano pueda soportar pues si la comparamos con la temperatura del sol ($T_{sol} = 5505^\circ\text{C}$) se tendría que un poco más de siete millones de veces la temperatura de este. A estas temperaturas tan altas cualquier tipo de vida no existiría.

De todo lo anterior se tiene que es imposible que Flash se pueda mover a tal velocidad, además no se ha considerado otros efectos de moverse a velocidades tan altas, algunos de esos efectos los consideraremos en breve.

⁵ Es calor específico en física se define como la cantidad de calor que hay que suministrarle a un gramo de una sustancia para incrementar su temperatura en un grado (capacidad que tiene toda sustancia para absorber calor).

Si se realizan los mismos cálculos, pero ahora considerando que Flash se mueve a la velocidad del sonido, esto a 340 m/s o un Mach (un Mach, velocidad a la que vuelan algunas aeronaves), se tiene

- Energía cinética: $K = 4.7 \cdot 10^6 \text{ J}$
- Número de hamburguesa que debe comerse: $n = 3730$
- Calor Liberado: $Q = 1.4 \cdot 10^6 \text{ J}$
- Incremento en la temperatura: $\Delta T = 5^\circ\text{C}$

Como se puede ver estos datos son un poco más realistas, pero si examinamos el número de hamburguesas que debe ingerir es un “poco” alto. Si consideramos que Flash con su super velocidad se puede comer un combo en treinta segundos se tiene entonces que el tiempo que debe invertir en comer es 31 horas.

Uno de tantos problemas que tendría Flash al moverse a la velocidad del sonido es que arrastra aire con él, en este aire se van a crear zonas de baja y alta presión que se propagan junto con Flash y dejarían una estela de daños por donde nuestro superhéroe pasase. Otro de los inconvenientes de Flash es el poder escuchar las llamadas de auxilio, puesto que al moverse a velocidades tan altas no podría escuchar bien estos llamados esto debido al *Efecto Doppler*⁶. El efecto Doppler establece que los sonidos percibidos por un observador (en nuestro caso Flash), cambian de frecuencia cuando hay un movimiento relativo entre la fuente (persona en peligro) que emite el sonido y el observador. La ecuación para obtener la frecuencia percibida por el observador f_R es

⁶ llamado así en honor al físico austriaco Christian Andreas Doppler

$$f_R = \left(\frac{v_s \pm v_o}{v_s \mp v_f} \right) f_F$$

En esta ecuación v_s , es la velocidad del sonido, v_o es la velocidad del observador, v_f la velocidad de la fuente y f_F es la frecuencia del sonido emitido por la fuente. Los signos se eligen de acuerdo con la situación según sea el caso de alejamiento relativo o acercamiento.

La anterior ecuación predice que si hay un acercamiento relativo entre la fuente y el observador la frecuencia que percibe el observador es mayor que la que emite la fuente, esto significa que el observador escucha la voz más aguda. Y si ocurre lo contrario, hay un alejamiento entre observador y fuente entonces el observador percibe una frecuencia más baja, es decir, escucha la voz más grave. En cualquiera de los dos casos cuando la diferencia en la velocidad relativa (acercamiento y/o alejamiento) entre

la fuente y el observador es muy grande el resultado de lo que percibe el observador son sonidos tan distorsionados que para un oído humano le resultaría imposible descifrarlos.

La figura siguiente ilustra el *Efecto Doppler*. En esta se puede observar la situación cuando la fuente (ambulancia) se acerca al observador (peatón) hay un *amontonamiento* de los frentes de onda lo cual hace que el observador perciba más ondas (mayor frecuencia), mientras que para el observador que esta atrás de la fuente, dado que esta se esta se alejando de él le están llegando menos ondas, entonces percibe un sonido más grave.

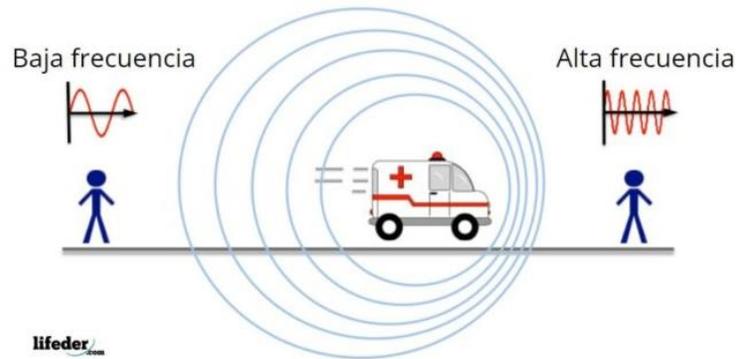


Figura 4. Efecto Doppler. Figura tomada de <https://www.lifeder.com/efecto-doppler/>

De acuerdo con todo lo anterior se tiene que Flash tiene grandes problemas para poder cumplir con su tarea de superhéroe.

Una pregunta que surge de lo que hasta aquí se ha tratado con Superman y Flash es ¿existe alguna situación en la que un ser humano normal (sin habilidades especiales) pueda competir con estos dos Super héroes? La respuesta a esta pregunta es sorprendente ¡sí!, y en este momento me dispondré a explicar dos de ellas.

La primea situación que quisiera plantear es una competencia de dominadas entre un terrícola y Superman. La competencia consiste en ver quien realiza más dominadas en quince segundos.

“Las dominadas son ejercicios que consisten en levantar el cuerpo mientras este pende de una barra. Mediante diferentes agarres de las manos, se parte con los brazos estirados y solicitando la fuerza de brazos espalda y abdomen, se lleva la barbilla a la altura de la barra.”

(Sánchez, 2017)

La siguiente figura ilustra la forma que se realiza una dominada partiendo de una posición inicial (parte baja) hasta llegar a la posición final (parte superior)

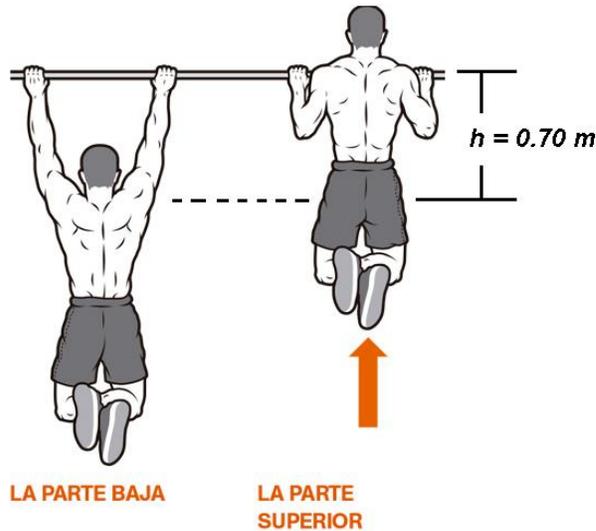


Figura 5. Dominadas. Tomada de (Heffernan, A, 2020)

Como se puede ver las dominadas constan de dos movimientos uno de subida y otro de bajada. En el movimiento de subida son los brazos los que realizan el trabajo y aceleran el cuerpo hacia arriba, mientras que en el movimiento de bajada la máxima aceleración que se puede llegar a tener es la aceleración de la gravedad, que corresponde a la aceleración que tendría un cuerpo en caída libre, por lo tanto, el tiempo de bajada estaría dado por (suponiendo que el atleta se deja caer para hacerlo más rápidamente y así optimizar el tiempo)

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

De donde h es la distancia por recorrer y g la aceleración de la gravedad. En este caso, se supone que tanto Superman como el humano con que va a competir tienen la misma longitud de brazos y que por lo tanto la distancia a elevarse es la misma $0,70$ metros. Ahora bien, de acuerdo a esto se tiene que tanto Superman como nuestro competidor terrícola tendrán el mismo tiempo de descenso, esto dado que Superman no cuenta con un mecanismo que lo acelere hacia abajo. Entonces al reemplazar todos los valores se tiene

$$t_{bajada} = 0,378 \text{ s}$$

Suponiendo que el atleta terrícola está bien entrenado entonces se supondrá que el tiempo de bajada y de subida son los mismos, por lo tanto, el tiempo que le toma en hacer una dominada será de

$$t_{Humano} = 0,756 \text{ s}$$

El tiempo que le toma a Superman el ascenso es menor pero no existe una diferencia grande. Superman en el movimiento ascendente puede acelerar con una aceleración mayor que la gravedad puesto que sus poderosos brazos le suministran la suficiente energía para hacerlo, pero debe tener cuidado al hacerlo pues si tiene una aceleración muy grande va a subir mucho más allá de donde debe llegar y esto significaría más tiempo. De otro lado, cuando está cerca del punto de máxima altura debe desacelerar para detenerse y comenzar el movimiento de descenso. Por lo expuesto entonces se supondrá que el tiempo que le toma a Superman subir es solo el 90% del tiempo que le

toma a nuestro atleta, es decir, $t = 0,34$ segundos. Entones sumando los tiempos de bajada y de subida para Superman se tiene que para una dominada de este es

$$t_{Superman} = 0,718 s$$

Ya que disponemos de los tiempos que tarda Superman y el terrícola en realizar una dominada, entonces se procede a determinar quién es el vencedor en nuestra competencia. Para saberlo solo se tiene que dividir los quince segundos entre el tiempo que tarda cada uno de los competidores en realizar una dominada

$$n_{Terricola} \approx 20$$

$$n_{Superman} \approx 21$$

Como se puede ver Superman vencería, pero no por mucho, pues la diferencia seria solo de una dominada.

La segunda competencia es entre Flash y una persona del común, la prueba consiste en saber quién recorre en menos tiempo una distancia de 100 metros caminando.

Pero antes de mirar quien podrá ganar esta competencia examinemos cual es la definición de caminata o locomoción humana y cuáles son sus características y que la regula.

Los seres humanos debido a su proceso evolutivo sienten la necesidad de caminar. Caminar es básicamente un desplazamiento bípedo para ir un lugar otro utilizando para ello las extremidades inferiores como medio de propulsión (propulsión equilibrada del centro de gravedad). En la acción de caminar el gasto energético es mínimo.

Una de las características de caminar es que siempre uno de los pies siempre está en contacto con el piso mientras el otro realiza la acción del avance.

“Caminar consiste en una serie de movimientos alternantes, rítmicos, de las extremidades y del tronco que determinan un desplazamiento hacia delante del centro de gravedad” (Sánchez-Lacuesta, J. , 1999)

“La Marcha humana es un proceso de locomoción en el cual el cuerpo humano, en posición erguida, se mueve hacia adelante, siendo un peso soportado, alternativamente, por ambas piernas” (Inman, V. T., , Saunders, J. B., & Eberhart, H. D.. , 1953)

La siguiente imagen ilustra las fases de la marcha (caminata)

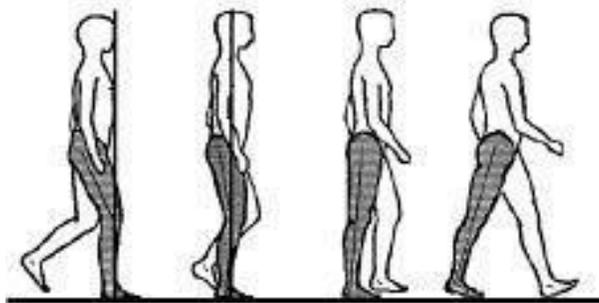


Figura6. Fases de marcha humana. Tomada de (Martín Noguerras, A., Calvo Arenillas, J. L., Barbero Iglesias, & Sánchez Sánchez , 1999)

Como se puede observar en la figura las piernas rotan alrededor de la cadera, por lo que estas describen un arco de círculo cuyo radio es la longitud de las piernas y como

ya se mencionó arriba estas al moverse desplazan el peso del cuerpo, por lo tanto, aplicando la segunda ley de Newton al movimiento circular de las piernas se tiene la máxima velocidad de desplazamiento está dada por la ecuación

$$v_{m\acute{a}x} = \sqrt{gl}$$

De donde l , es la longitud de las piernas. Lo que nos dice esta ecuación es que la máxima velocidad de caminata depende únicamente exclusivamente del valor de la aceleración de la gravedad y la longitud de piernas.

De acuerdo con los datos biográficos se tiene que la estatura de Barry Allen (Flash) es de 1.87 metros. Si toma como longitud de las piernas la mitad de su estatura se tendría que $l = 0.935 \text{ m}$, por lo que la máxima velocidad de locomoción de Flash sería de

$$v_{m\acute{a}x} = 3.03 \text{ m/s} = 10.9 \text{ km/h}$$

Para nuestros dos competidores (Flash y persona normal) el valor de la aceleración de la gravedad es la misma, por lo tanto, si estos tienen la misma longitud de piernas llegaran empatados a la meta.

De todo lo anterior se puede concluir que por más superpoderes que tengan nuestros Superhéroes existen algunos retos en los que no nos toman ventaja, antes, por el contrario, podríamos resultar vencedores.

Spiderman

“Spider-Man (llamado Hombre Araña en muchas de las traducciones al español) es un superhéroe ficticio creado por los escritores y editores Stan Lee y Steve Ditko. Apareció por primera vez en el cómic de antología Amazing Fantasy # 15 (10 de agosto de 1962), en la Edad de Plata de los cómics. Aparece en los cómics estadounidenses publicados por Marvel Comics, así como en varias películas, programas de televisión y adaptaciones de videojuegos ambientadas en el Universo Marvel. En las historias, Spider-Man es el alias de Peter Parker, un huérfano criado por su tía May y su tío Ben en la Ciudad de Nueva York después de que sus padres Richard y Mary Parker murieron en un accidente aéreo. Lee y Ditko tuvieron que lidiar con los problemas de la adolescencia y los problemas financieros, y lo acompañaron con muchos personajes de apoyo, como J. Jonah Jameson, Flash Thompson, Harry Osborn, los intereses románticos, Gwen Stacy y Mary



Figura 7. Spiderman

Jane Watson, y enemigos como el Doctor Octopus, Kingpin, Duende Verde y Venom. Su historia de origen lo tiene adquiriendo habilidades relacionadas con la araña después de un mordisco de una araña radioactiva; estos incluyen aferrarse a las superficies, disparar telarañas desde dispositivos montados en la muñeca y detectar el peligro con su "sentido arácnido". (es.wikipedia.org., 2020)

Llego el momento de hablar un poco de Spiderman. Una de las habilidades de este superhéroe es la de trepar y caminar por las paredes y techos, y por lo tanto la pregunta obligada es: ¿es esto posible? Por ahora dejaremos de lado esta pregunta y diremos que en la naturaleza es común encontrar ciertos animales que pueden trepar muros y caminar por los techos al igual que nuestro superhéroe.

Dentro de los especímenes que pueden trepar muros se encuentra el Geko (salamandra), que es una especie de reptil inofensivo que vive en todas las zonas templadas del mundo y no es raro verlos compartir hábitats junto con los humanos (en los últimos tiempos sirven de mascotas). Muy seguramente muchos de nosotros los hemos visto en nuestras casas por las paredes o techos. La figura 8 muestra un Geko típico.

Estos animalitos tienen en su patas unas microvellosidades las cuales les sirven para adherirse a las paredes y superficies lisas mediante las fuerzas de Van der Waals, llamadas así en honor al físico Johannes Diderik van der Waals (1837—1923).

...En fisicoquímica, las fuerzas de Van der Waals o interacciones de Van der Waals son las fuerzas atractivas o repulsivas entre moléculas distintas a aquellas debidas a un

enlace intermolecular (enlace iónico, enlace metálico y enlace covalente de tipo reticular) o a la interacción electrostática de iones con moléculas neutras.¹ El término incluye:

- *La fuerza entre dos dipolos permanentes. Si las interacciones son entre moléculas que están polarizadas de manera permanente (por ejemplo, las moléculas de agua que atraen otras moléculas de agua u otras moléculas polares), se conocen como fuerzas de Keesom.*
- *Fuerza entre un dipolo permanente y un dipolo inducido. Cuando un dipolo inducido (esto es, un dipolo que se induce en un átomo o una molécula que de otra manera sería no polar) interactúa con una molécula que tiene un momento dipolar permanente, esta interacción se conoce como fuerza de Debye. Un ejemplo de esta interacción serían las fuerzas entre las moléculas de agua y las de tetracloruro de carbono.*
- *Fuerza entre dos dipolos inducidos instantáneamente. Si las interacciones son entre dos dipolos que están inducidos en los átomos o moléculas, se conocen como fuerzas de London (por ejemplo, el tetracloruro de carbono).*

También se usa en ocasiones como un sinónimo para la totalidad de las fuerzas intermoleculares. (es.wikipedia.org., 2020)



Figura 8. Tokay gecko

Las microvellosidades que posee el Geko poseen las siguientes características, tiene un diámetro de doscientos nanómetros ($200 \text{ nm} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ m}$) y cada una de ellas proporcionan una fuerza de adherencia vertical de diez micro Newtons ($10 \text{ } \mu\text{N} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ N}$) y una fuerza horizontal de ciento noventa micro Newtons ($190 \text{ } \mu\text{N} = 1.9 \cdot 10^{-4} \text{ N}$). Cada una de estas microvellosidades funciona como una *chupa* con la cual el Geko se adhiere a las diferentes superficies.

Con lo anteriormente presentado para el Geko, que es una explicación científica que nos ofrece la ciencia del cómo y por qué algunos animales pueden trepar muros, obviamente que existen otros mecanismos mediante los cuales algunos insectos suben paredes, uno de ellos es unos pequeños “*pelos*” en sus extremidades que son como una especie de *ganchos* con los cuales se sujetan a las microscópicas irregularidades de las superficies. Para el caso nuestro Superhéroe vamos a suponer que al ser mordido por la araña radioactiva su ADN mutó e hizo que desarrollara unas microvellosidades en sus pies y manos muy semejantes a las del Geko y son las que le permiten escalar muros y caminar de cabeza sobre los cielos rasos.

Se examinará si estas microvellosidades proporcionan la suficiente fuerza para sostener el peso de Peter Parker.

Con los datos de arriba se tiene que el área de una microvellosidad es de

$$A_{microvellosidad} = 3.14 * 10^{-14} m^2 = 3.14 * 10^{-10} cm^2$$

Con esta área y el área de las manos y pies de Spiderman se puede obtener el número de microvellosidades que posee en sus extremidades (se divide el área de los pies y/o manos entre el área de una microvellosidad). Las áreas de una mano y un pie típico son de

$$A_{mano} = 180 cm^2$$

$$A_{pie} = 300 cm^2$$

El número de microvellosidades en cada una de las extremidades es

$$n_{mano} = 5.73 * 10^{11}$$

$$n_{pie} = 9.55 * 10^{11}$$

Al multiplicar este número de microvellosidades por la fuerza que soporta una de ellas se obtiene la fuerza total que puede soportar una mano un pie de Spiderman cuando está pegado a la pared

$$F_{Horizontal-mano} = 109 * 10^6 N$$

$$F_{Vertical-mano} = 5.73 * 10^6 N$$

$$F_{Horizontal-pie} = 181 * 10^6 N$$

$$F_{Vertical-pie} = 9.55 * 10^6 N$$

Estas fuerzas son extremadamente grandes.

Se tiene que la masa de Peter Parker es de 76 kg, por lo que su peso es aproximadamente 745N. Si se compara la fuerza que soporta una mano o un pie de



Figura 9. Spideman sostenido de un pared

Spiderman cuando están en contacto con una pared con el peso de Peter se tiene que perfectamente pueden soportar su peso y mucho más.

Examinemos detenidamente la figura 9. donde Spiderman esta sostenido de la pared. En la figura se puede observar que no toda la mano y no todo el pie

están en contacto con la pared, por lo que los datos de arriba tienen error. Error que se debe corregir, al observar bien la figura y algunas de las películas de Spiderman se tiene que este básicamente se sujeta de las paredes con las yemas de los dedos de las manos y camina sobre la punta de los pies, con esta

información se puede realizar un cálculo más realista de la fuerza que estaría sujetando a nuestro héroe a la pared.

Se podría decir que básicamente solo el 30% del pie está en contacto con la pared, por lo que la fuerzas de arriba para el pie debía multiplicarse por 0,3 esto es

$$F_{Horizontal-pie} = 0.3 * 181 * 10^6 N = 5.43 * 10^6 N$$

$$F_{Vertical-pie} = 0.3 * 9.55 * 10^6 N = 2.96 * 10^6 N$$

Como se puede ver aun tomando solo el 30% estas fuerzas siguen siendo muy grandes. Ahora calcularemos la fuerza que puede soportar una mano tomando solamente como área de contacto la parte de la *yema* de los dedos. Si dibujamos esta parte sobre un papel y se modela como un rectángulo se obtiene que el área típica será de aproximadamente 2 cm^2 . Al igual que se procedió para determinar cuántas microvellosidades posea la mano o el pie de igual manera se procederá aquí para determinar cuántas hay en esta parte de los dedos

$$n_{dedo} = 1.27 * 10^{10}$$

Entonces la fuerza vertical y horizontal que soporta la *yema* de un dedo es

$$F_{Vertical-dedo} = 1.27 * 10^5 N$$

$$F_{Horizontal-dedo} = 2.42 * 10^6 N$$

Tal como se puede ver así se tome un solo dedo las fuerzas siguen siendo grandes, lo que significa es que Spiderman perfectamente podría balancear todo su peso con solo tener un dedo sujeto a la pared.

Teniendo en cuenta que cuando Spiderman camina de cabeza por los cielos rasos utiliza las dos manos y sus dos pies entonces la fuerza de adherencia debido a las microvellosidades sería la suma de la fuerza que le proveen los veinte dedos más la de los dos pies, pero solo se tiene en cuenta la componente vertical que estas proveen puesto que Spiderman está *colgando* del techo, esto es

$$F_{Vertical \ neta} = 2F_{Vertical \ -pie} + 20F_{Vertical \ -dedo}$$

$$F_{Vertical \ neta} = 2 * 2.96 * 10^6 N + 20 * 1.27 * 10^5 N = 8.46 * 10^6 N$$

Tal como se ve la fuerza vertical que le proveen las microvellosidades a Spiderman extremadamente grande y por lo tanto si es posible que nuestro héroe camine de cabeza sobre los cielos rasos.

Ahora se procederá analizar a una situación trágica para Spiderman, y es la muerte de su novia Gwen Stacy. Para poder comprender esta tragedia, primero se expondrá otra habilidad de Spiderman, que es la de lanzar hilos de araña mediante unos dispositivos ubicados en sus muñecas.

Pero antes de entrar a mirar tal situación, se mirará cuan resistente es el hilo de araña. Mediante la tabla adjunta se pretende comparar las propiedades mecánicas del hilo de araña con otros materiales.

De esta tabla se pueden sacar dos conclusiones que son las que más nos interesan para estudiar la muerte de Gwen

- Los dos materiales, acero y seda de araña tienen resistencias a tracción parecidas y por tanto, se puede concluir que una barra con una sección transversal de 1 cm^2 de acero y un cable de seda de araña de igual sección transversal soportarán la misma carga, más o menos 170KN (17 Toneladas).
- La tela de araña es capaz de absorber el 65% de la energía de impacto de su presa (Hysteresis)

Tabla 1. *Tensile mechanical properties of spider silks and other materials*

Material	Stiffness, E_{init} (GPa)	Strength, σ_{max} (GPa)	Extensibility, ϵ_{max}	Toughness (MJ m ⁻³)	Hysteresis (%)
<i>Araneus</i> MA silk	10	1.1	0.27	160	65
<i>Araneus</i> viscid silk	0.003	0.5	2.7	150	65
<i>Bombyx mori</i> cocoon silk	7	0.6	0.18	70	
Tendon collagen	1.5	0.15	0.12	7.5	7
Bone	20	0.16	0.03	4	
Wool, 100% RH	0.5	0.2	0.5	60	
Elastin	0.001	0.002	1.5	2	10
Resilin	0.002	0.003	1.9	4	6
Synthetic rubber	0.001	0.05	8.5	100	
Nylon fibre	5	0.95	0.18	80	
Kevlar 49 fibre	130	3.6	0.027	50	
Carbon fibre	300	4	0.013	25	
High-tensile steel	200	1.5	0.008	6	

Tabla 3. Propiedades mecánicas de los hilos de arañas y otros materiales. Fuente:

(Gosline, J., , Guerette, P., , Ortlepp, C., & Savage, 1999)

En esta tabla se pueden observar dos tipos de hilos de araña. Algunos estudios de estos arácnidos han encontrado que tejen sus telarañas con diferentes tipos de hilos y cada uno de ellos cumple una función específica.

“La seda de araña está compuesta por proteínas fibrosas, por lo que el componente mayoritario son aminoácidos. Los más destacados son glicina, alanina, prolina y glutamina, combinados en secuencias diferentes.

La mayoría de las especies cuentan con varias glándulas secretoras de seda. Cada glándula fabrica un tipo concreto de seda que se utiliza para una función específica.

Por ejemplo, las sedas pegajosas se utilizan para la zona de captura de las telarañas, mientras que en los puntos de refuerzo y anclaje se utilizan sedas más resistentes.

Se conocen siete glándulas diferentes y siete tipos de seda:

- *Glándula ampulácea mayor: produce seda estructural. Se utiliza en los radios y marcos de la estructura de las telarañas.*

- *Glándula ampulácea menor: produce seda espiral. Se utiliza en espirales de captura y espirales auxiliares.*
- *Glándula piriforme: produce seda de refuerzo. Se utiliza como cemento en los puntos de refuerzo entre hilos y en las zonas de anclaje de las telas.*
- *Glándula flageliforme: produce seda de captura. Se utiliza para formar la zona principal de captura de presas. Se cubre con la seda pegajosa de la glándula agregada.*
- *Glándula agregada: secreta una sustancia pegajosa con la que recubren las fibras de captura.*
- *Glándula cilíndrica: produce seda de recubrimiento. Se utiliza en la capa externa de los sacos que protegen los huevos y las crisálidas.*
- *Glándula aciniforme: produce seda suave. Se utiliza en el interior de los huevos y crisálidas. También la seda con la que envuelven las presas para conservarlas y momificarlas.*

*Todas las especies pueden fabricar varios tipos de seda, pero muy pocas fabrican los siete tipos a la vez. Como mínimo tienen tres glándulas los machos y cuatro las hembras. La especie *Araneus diadematus* es una de las pocas que tiene las siete glándulas". (Padial, 2019)*

Con lo anteriormente expuesto ahora si podemos entrar realizar un pequeño estudio de la muerte de Gwen. La figura 10 muestra el momento en que Gwen es detenida por el hilo de araña disparado por Spiderman.



Figura 10. Muerte de Gwen Styacy. Tomada de (Notardis., 2017)

En la película *El asombroso hombre araña 2*, Gwen se precipita al vacío luego que el hilo de araña que la sujetaba se rompe mientras que Spiderman pelea con el *Duende verde*, su enemigo. El tiempo que dura Gwen en caída libre haciendo algunas estimaciones, mientras Spiderman reduce al duende verde se lanza por ella para asirla con un nuevo hilo es de aproximadamente cuatro segundos. En este tiempo La chica ha recorrido una distancia y tiene una velocidad, que se pueden calcular muy fácilmente utilizando las ecuaciones para el movimiento de caída libre.

$$d = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} * 9.8 \text{ m/s}^2 * (4\text{s})^2 = 78.4 \text{ m}$$

$$v = gt = 9.8 \text{ m/s}^2 * 4\text{s} = 39.2 \text{ m/s} = 141.12 \text{ km/h}$$

De acuerdo con estos resultados se puede decir que el movimiento de Gwen es equivalente a ir viajando en un auto a un poco más de 140 kilómetros por hora. Y que al ser detenida es como experimentar un choque frontal. Lo que en realidad puede causar serias lesiones y provocar la muerte es la desaceleración que se sufre o dicho de otra

manera, la distancia recorrida para que la velocidad se reduzca a cero, lo cual nos dispondremos a realizar, para hacerlo primero se calculara la energía cinética que tiene Gwen, para ello se utilizara la velocidad obtenida arriba y estimaremos que la masa de Gwen es de 55 kilogramos

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} * 55kg * (39.2 m/s)^2 = 42257.6 J$$

Tal como se mencionó arriba el hilo de araña es capaz de absorber el 65% de la energía, esto significa que de la energía restante (35%) a ser la responsable de las posibles lesiones que sufra Gwen. Este valor de energía corresponde a

$$E = 0.35 * K = 0.35 * 42257.6 J = 14790.16J$$

Ahora se tiene que el hilo ya está totalmente estirado, es decir no puede alargarse más sin que se rompa, entonces vamos a suponer que frena a Gwen en un margen de un metro más, aplicando el teorema del trabajo y la energía⁷ podemos obtener la fuerza que detiene a esto es

$$F = \frac{\Delta E}{d} = \frac{14790.16J}{1 m} = 14790.16N$$

Por la segunda ley de Newton la desaceleración es

$$a = \frac{F}{m} = \frac{14790.16N}{55 kg} = 268.912 m/s^2$$

⁷ El trabajo (W) debido a una fuerza constante se define como el producto entre la fuerza y la distancia que actúa dicha fuerza sobre el cuerpo. Para realizar trabajo se necesita de una energía disponible para ello.

Esta aceleración es bastante grande y equivale a soportar alrededor de veinte siete veces la gravedad ($27g$). Por lo tanto, la muerte de Gwen se debe a la frenada repentina. Algunos autores plantean que Peter eligió el hilo equivocado para detenerla y este era demasiado rígido y no absorbió la energía necesaria para salvarla, pero esto no es cierto dado que si hubiese utilizado un hilo más flexible Gwen irremediamente se hubiese estrellado contra el piso dado que ya estaba muy cerca de este cuando fue sujeta por el hilo, es decir, la muerte de Gwen era irremediable. El verdadero culpable de la muerte de Gwen es el *Duende verde* que *distrajo* a Spiderman mientras Gwen caía.

Aquí finaliza este breve estudio desde el punto de vista de la física sobre los poderes y habilidades de algunos superhéroes, espero que haya sido de su agrado y contribuido a despertar su interés en la física.

Conclusiones

A manera de conclusiones se tiene

- Algunos poderes y habilidades de los Superhéroes encuentran explicación desde el punto de la vista física y no violan sus leyes.
- Existen algunas actividades en que los seres sin ninguna habilidad especial pueden competir con los Superhéroes.

Agradecimientos.

Ante todo, quiero agradecer a los profesores Dalila Victoria R, Sandra Milena Ramos Arteaga y Alberto Vélez R, organizadores del evento *Hablando de Ciencia en EMAVI*, por

haberme dado la oportunidad de participar en este. También agradecer a la comandante del grupo académico la Teniente Coronel Yadira Cárdenas Posso, por mantener y alentar la participación en el evento.

Bibliografía

- Oregon Public Broadcasting. (2014). *pbs.org*. Obtenido de <https://www.pbs.org/opb/historydetectives/feature/the-golden-age-of-comics/>
- AGUILERA, R., & DIAZ, L. (17 de 11 de 2020). *es.wikipedia.org*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Superh%C3%A9roe#:~:text=%E2%80%8BTradicionalmente%20se%20considera%2C%20sin,del%20comic%20book%20durante%20a%C3%B1os>.
- arrow.fandom.com*. (s.f.). Obtenido de <https://arrow.fandom.com/es/wiki/Metahumanos#:~:text=Se%20consideran%20metahumanos%20a%20los,Labs>.
- es.wikipedia.org*. (s.f.). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Krypton>
- es.wikipedia.org*. (19 de 11 de 2020). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Krypton>
- Gosline, J., Guerette, P., Ortlepp, C., & Savage, K. (1999). The mechanical design of spider silks: from fibroin sequence to mechanical function. *The Journal of Experimental Biology*, 202.
- Heffernan, A. (16 de 01 de 2020). *esquirelat.com*. Obtenido de <https://www.esquirelat.com/fitness/claves-para-ejercicio-de-dominadas/>
- Inman, V. T., Saunders, J. B., & Eberhart, H. D. (1953). Los principales determinantes de la marcha normal y patológica. *Revista de cirugía de huesos y articulaciones*, 543 - 558.
- Kakalios, J. (2006). *Física de los Superhéroes*. Ma Non Troppo.
- Martín Noguerras, A., Calvo Arenillas, J. L., Orejuela Rodríguez, J., Barbero Iglesias, F. J., & Sánchez Sánchez, C. (1999). Fases de la marcha humana. *Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología*, 44 - 49.
- Nagle, Saff y Snider. (2005). *Ecuaciones diferenciales y problemas con valor en frontera* (Cuarta ed.). PEARSON.
- Notardis. (26 de 09 de 2017). *neotardis.blogspot.com/*. Obtenido de <http://neotardis.blogspot.com/2017/09/spider-man-la-fisica-y-la-muerte-de.html>
- Ohanian Hans C. and Markert John T. (2009). *Física para ingeniería y Ciencias* (Tercera ed., Vol. 1). Mexico: Mc Graw Hill.

Padial, J. (17 de 10 de 2019). *Curiosoando.com*. Obtenido de <https://curiosoando.com/cuantos-tipos-de-seda-de-arana-existen>

Ron Larson and Bruce H. Edward. (2010). *Cálculo* (Novena ed.). Mc Graw Hill.

Sánchez-Lacuesta, J. (1999). *Biomecánica de la marcha humana normal y patológica*. Valencia: Instituto de Biomecánica de Valencia.

Sears y Zemansky. (2013). *Física Universitaria* (Decimo tercera ed., Vol. 1). Mexico: PEARSON Always Learning.

Serway, R. A., & Jewett, Jr., J. W. (2018). *Física para ciencias e ingeniería 1*. Ciudad de Mexico : CENGAGE.

Wiki Arrowverso. (s.f.). Obtenido de <https://arrow.fandom.com/es/wiki/Metahumanos>

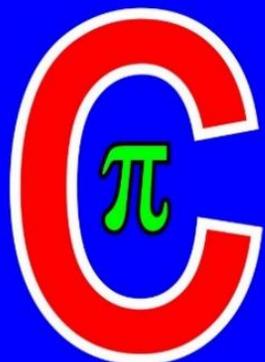
Zahumenszky, C. (26 de 9 de 2018). *GIZMODO*. Obtenido de <https://es.gizmodo.com/por-que-los-seres-humanos-somos-practi>



FUERZA AÉREA COLOMBIANA
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"
GRUPO ACADÉMICO - PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS



Hablando de Ciencia en EMAVI



"CRUZAR LA BRECHA DIGITAL EN AEROESPACIAL & DEFENSA CON AMAZON WEB"

Conferencista:

Ing. GERMÁN GIOVANNI RODRÍGUEZ ORTEGA

Con el apoyo
de la Docente: **SOFI LORENA RIOCAMPO CORTEZ**

Enlace:

<https://lobby.sar.ruav.edu.co/#/1R0KX51CMFV8>

05 **JUEVES**
noviembre | **10:00**
2020 | **A.M.**

“CRUZAR LA BRECHA DIGITAL EN AEROESPACIAL & DEFENSA CON AMAZON WEB”



Perfil Profesional:

German Giovanni Rodríguez Ortega

Ingeniero electrónico de la Universidad Javeriana y MBA de la Universidad Católica de Chile. Cuenta con varias certificaciones internacionales en ciber-seguridad y en cloud. Actualmente es Arquitecto de Soluciones en Amazon Web Services para el Sector Público. Ha ayudado a múltiples entidades de gobierno, organizaciones no gubernamentales y empresas privadas en Latinoamérica a cumplir con sus misiones y objetivos de negocio. Le apasionan los temas de cloud, seguridad de la información y analítica.

CRUZAR LA BRECHA DIGITAL EN AEROESPACIAL & DEFENSA

CON AMAZON WEB SERVICES

Giovanni Rodríguez - Ponente
Sofi Lorena Riocampo*

Resumen: Crear nuevas experiencias, obtener ideas accionables de los datos, y reducir los costos de servicio, son los principales desafíos de la industria Aeroespacial & Defensa. Con estos nuevos desafíos se presenta cómo enfrentarlos con AWS (Amazon Web Services) y sus servicios de Analítica, Estación Satelital Terrestre, y Machine Learning / Inteligencia Artificial, entre otros

Palabras clave: Analítica, Machine Learning, Inteligencia Artificial

Contexto

Amazon Web Services (AWS) es una plataforma en la nube, ofrece más de 175 servicios integrales de centros de datos a nivel global (Amazon Web Services Inc., 2020). En el año 2006 comenzó a brindar servicios de infraestructura de TI para empresas en forma de servicios web, conocido hoy como informática en la nube (Amazon Web Services, Inc., 2020). La informática en la nube hace referencia a la entrega de servicios informáticos (servidores, almacenamiento, bases de datos, redes, software, análisis, entre otros) a través de Internet (“la nube”) bajo de manda (Garcia-Peñalvo, s.f.).

Los principales beneficios de la informática en la nube son la protección de datos, flexibilidad, rentabilidad, almacenamiento múltiple, procesamiento de alto rendimiento entre otros, proporcionando para esto una infraestructura necesaria para cubrir cualquier tipo de necesidad (Mukherjee, 2019).

Hoy en día, Amazon Web Services proporciona una plataforma de infraestructura escalable, de confianza y de bajo costo. Cuenta con centros de datos en Estados Unidos, Europa, Brasil, Singapur, Japón y Australia (Amazon Web Services, Inc., 2020).

Introducción y Contenido

A lo largo del presente documento se pretende dar a conocer como a través de las tecnologías emergentes se propone la implementación de nuevos servicios que permitirá en el área aeronáutica mejorar la experiencia de los clientes, obtener su información y reducir los costos de servicio, a través del uso de la Analítica, Machine Learning e Inteligencia Artificial.

DAS - Servicios Aeroespaciales Digitales.

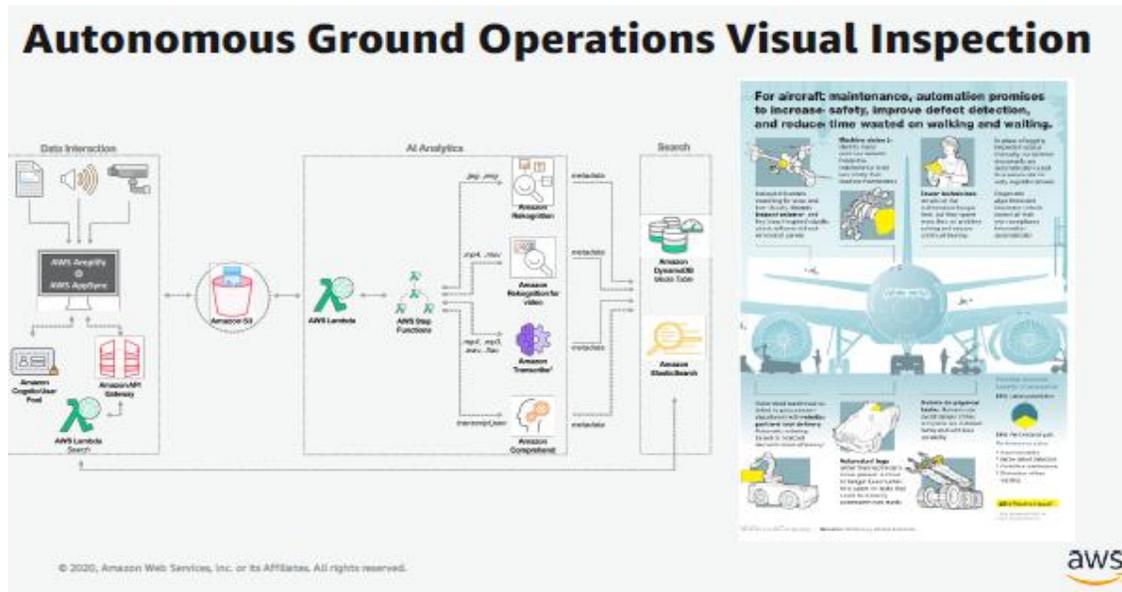
Las prestaciones de estos servicios se podrán tratar a través de las diferentes infraestructuras en la nube, como Data Lakes (lagos de datos), IoT Edge (procesamiento en los dispositivos), Analítica Streaming (análisis en tiempo real), Digital Tread y Twin, HPC (computación de alto desempeño), alianzas con otras empresas o Partners de servicios, Aplicaciones Mobiles y Alexa o aplicaciones personalizadas, Inteligencia Artificial, entre otras.

Servicios asociados a la generación de ingresos. Estos servicios son los proporcionados a los clientes externos; a saber, Servicios de cabina inteligente, Servicios de cubierta de vuelo, Experiencia personalizada del cliente Pre/In/post del vuelo y la Optimización de ingresos.

Servicios asociados a la reducción de costos. Hace referencia a las operaciones terrestres autónomas, Mantenimiento predictivo/prescriptivo, Disponibilidad de piezas/habilidades, Operaciones aéreas y Apoyo y capacitación a la tripulación.

Arquitectura para las operaciones terrestres autónomas. Permite la automatización de los procesos de revisión los distintos componentes de las aeronaves, así como el control del personal que presta este servicio. Como primera acción se establece unas interfaces de usuario que serán utilizadas por los operarios, los cuales permiten subir hacia AWS archivos de tipo audio, video o imágenes, los cuales se podrán ser procesados para conocer el estado de las aeronaves; luego se establece el almacenamiento que posteriormente son procesados a través de un servicio Inteligencia Artificial con el cual puede reconocer algunas entidades o el estado de los componentes que son establecidos en los metadatos; es almacenado en bases de datos para datos diversos y un alto desempeño; creando de esta manera los Data Lake, los cuales brindan acceso a una colección de objetos de datos a los que se puede acceder a través de identificaciones digitales y se pueden buscar a través de sus metadatos (Grossman) , proceso establecido en la Figura No. 1.

Figura No. 1



Innovación ágil. Con el crecimiento de los avances tecnológicos, hoy en día se requiere de dispositivos de cómputo de alto rendimiento como cluster que por ejemplo puedan procesar el mejor diseño de las aeronaves. Digital Twins se define como "Una instancia virtual de un sistema físico (gemelo) que se actualiza continuamente con los datos de rendimiento, mantenimiento y estado de salud de este último a lo largo del ciclo de vida del sistema físico" (Madni, Madni, & Lucero) . El uso de los gemelos digitales permite la simulación de sistemas con el fin de mejorar el desempeño de los equipos de ingeniería empleados. Los Digital Thread, permite el control de los Internet of Aircraft Thing a través de su ciclo de vida, desde la captura, configuración, desempeño y fiabilidad de los datos.

Uso de AWS IoT y IoT Analytics: Se puede reducir el tiempo para obtener información a través de los dispositivos IoT implementados en las aeronaves que permiten enviar la información hacia la nube que luego son procesados con IoT Analytics y finalmente se generan los Dashboard con el cual se puede establecer el estado de los componentes de la aeronave.

Servicios de reducción de costo sostenible. El servicio call center en la nube, en el cual permite el acceso a costo a la medida y pudiéndose integrar con otras herramientas de IA, como chat box inicialmente atendiendo necesidades básicas de los usuarios y en caso de tratarse de una situación especial se traslada el servicio a un agente presencial, sin la necesidad de adquirirse grandes infraestructuras.

Otro servicio es la externalización de los servicios de logística, provocando que las fábricas requieran convertirse en fábricas inteligentes, de acuerdo a lo propuesto en la Figura No. 2, en el cual se hace necesario tener como aspectos importantes la conectividad y tecnología de Internet, Sensores y actuadores inteligentes, procesamiento y almacenamiento en la nube y el análisis de Big Data e IA.

Figura No. 2

La industria 4.0 requiere moverse a fábricas inteligentes

Los productos y servicios inteligentes se traen al mercado con fábricas inteligentes



© 2020, Amazon Web Services, Inc. or its Affiliates. All rights reserved.



También hace parte de la propuesta para la reducción de costos es la implementación de SAP HANA, definida como una base de datos como servicio (DBaaS) in-memory completamente gestionada, así mismo integra datos de toda la empresa, permitiendo tomar decisiones más rápidas basadas (SAP SE or an SAP affiliate company., 2020) y sobre AWS, el área contable, finanzas e interacción con los usuarios de las organizaciones, los cuales estos aspectos hacen parte del core del funcionamiento, llevan a una transformación digital de manera flexible, con excelencia técnica y bajo costo.

Aspectos de seguridad. AWS, mantiene en permanente revisiones y certificaciones con base en las diferentes normas de estándares relacionadas con los controles de seguridad de la información logrando de manera exitosa un nivel

de seguridad importante que se traslada a sus clientes, descritos en la Figura No. 3.

Figura No. 3



Servicio de estación de servicio satelital – AWS Ground Station. Es un servicio administrado que permite controlar las comunicaciones por satélite, procesar datos y escalar sus operaciones. Estas instalaciones proporcionan comunicaciones entre el suelo y los satélites en el espacio.

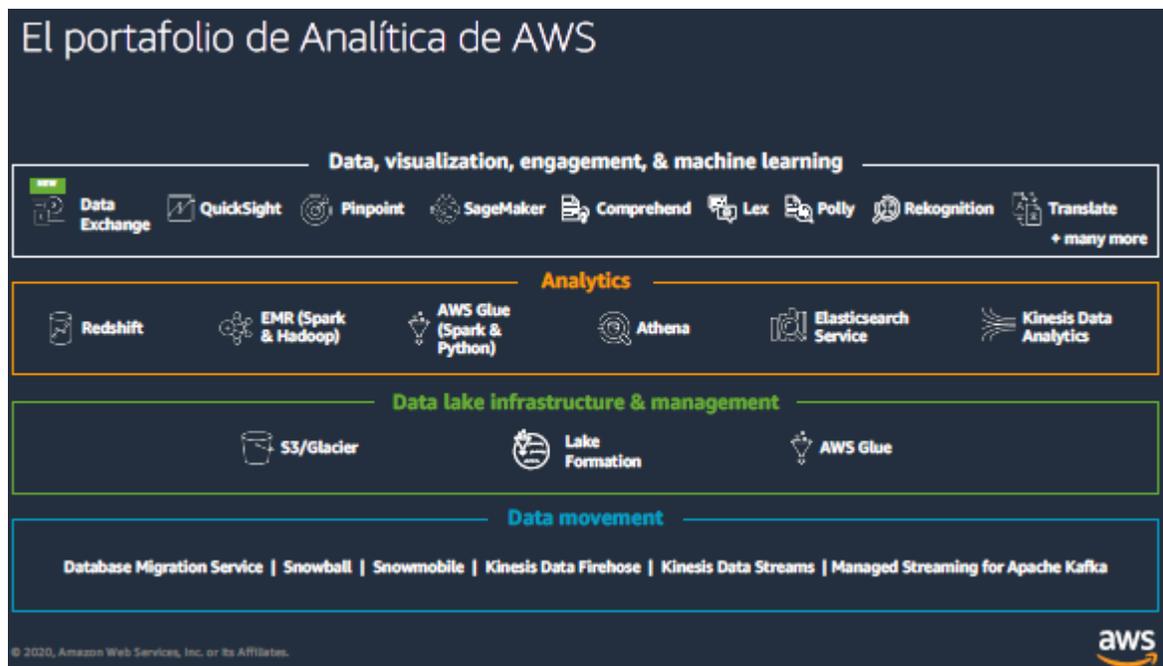
La utilización de este servicio está siendo empleado para el pronóstico del tiempo y la agricultura, Comercio global y la antipiratería y la Observación de la tierra y seguridad contra incendios.

Los beneficios que se establecen con este servicio es no preocuparse por la instalación de infraestructuras de la estación terrestre satelital, el costo del uso es de acuerdo al consumo y su acceso es bajo demanda. En la actualidad AWS se

cuenta con una infraestructura global compuesta por 24 regiones y 77 zonas de disponibilidad, siendo estas últimas cada una un conjunto de datacenter redundante que cumple con las normatividades.

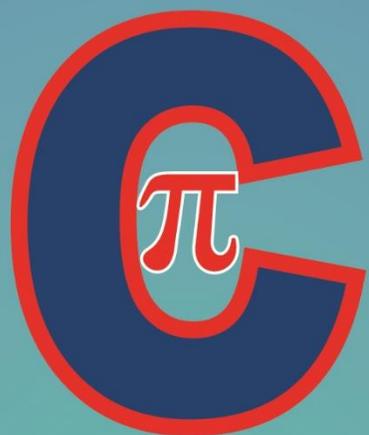
Con el fin de poder brindar la mejor experiencia en los diferentes requerimientos de las entidades y/o organizaciones se tiene el siguiente portafolio descrito en la Figura No. 4 que permitirá cumplir con cada necesidad de servicios.

Figura No. 4



Bibliografía

- Amazon Web Services Inc.* (2020). Recuperado el 2020, de Informatica en la nube con AWS. Seattle, EU: recuperado de https://aws.amazon.com/es/what-is-aws/?nc1=f_cc.
- Amazon Web Services, Inc.* (2020). Obtenido de Acerca de AWS. Seattle, EU: recuperado de <https://aws.amazon.com/es/about-aws/>.
- Garcia-Peñalvo, F. J. (s.f.). "*Internet, la nube y buenas practicas*". doi:10.5281/zenodo.2677978.
- Grossman, R. L. (s.f.). *Data Lakes, and Comumons: A Review of Platforms for Analyzing and Sharing Genomic Data. Trends in Genetics.* (Vol. 35). doi:<https://doi.org/10.1016/j.tig.2018.12.006>
- Madni, A., Madni, C., & Lucero, S. (s.f.). *Leveraging digital twin technology in model-based systems engineering, Sytems* (Vol. 1).
- Mukherjee, S. (2019). *Benefits of AWS in Modern Coud.* Obtenido de <https://ssrn.com/abstract=3415956>
- SAP SE or an SAP affiliate company.* (2020). Obtenido de ¿Que es SAP HANA Cloud? Palo Alto, EU: Recuperado de <https://www.sap.com/latinamerica/products/hana/technical.html>



*Hablando de
Ciencia en
EMAVI*

