

RESUMEN

Tras la ratificación de la eliminación de la característica de disponibilidad selectiva en futuras constelaciones GPS en 2007, se abrió paso a que los sistemas de posicionamiento satelital puedan alcanzar niveles de precisión de hasta un orden de 1 metro (1m) o menos.

En busca de este objetivo Europa en 2011, decide hacer el lanzamiento de un nuevo sistema GNSS independiente, con capacidad de cálculo y corrección activa de orbitas y capacidad de interacción con los dos sistemas ya existentes, GLONASS(Rusia) y GPS(USA); pudiendo conformar una constelación de satélites de al menos 86 satélites funcionales en total para el 2020. Sin embargo, uno de los principales problemas de los sistemas de navegación basados en GNSS es la degradación de la precisión cuando alguno de los satélites es bloqueado, como es el caso de los edificios dentro del ambiente urbano, la vegetación espesa en zona selvática o fenómenos de interferencia entre las señales que llegan al receptor.

Por otra parte, se ha venido observando que a medida que la cantidad de satelites disponibles aumenta la ocurrencia de fallos en la sincronización de reloj también aumenta, afectando el nivel de precisión en posicionamiento de los receptores GNSS. El segmento de control GNSS es el encargado de monitorear y marcar los satelites que presentan errores de sincronización o estan defasados de orbitas; de esta forma estos satélites no son aptos para una buena precisión en posicionamiento.

En este orden de ideas, las técnicas de posicionamiento muestran ser muy robustas en condiciones de estáticas y con buena visibilidad, la navegación dentro de las ciudades impone unas condiciones diferentes, bajo las cuales solo un monto de todos los satélites es visible. Por ello, los estudios mas recientes en sistemas de posicionamiento satelital, exploran el desarrollo de algoritmos para la detección de fallos y/o técnicas de posicionamiento para su uso dentro de ambientes urbanos, con el objetivo de alcanzar mayores niveles de precisión en posicionamiento.

Teniendo en cuenta la infraestructura satelital disponible y la oferta de tecnologías y dispositivos para la recepción de señales GPS en el mercado de dispositivos electrónicos actual; surge la inquietud que da origen a la presente investigación:

¿Es posible contribuir a la mejorar del nivel de precisión en posicionamiento dentro de ambientes urbanos, mediante una técnica de posicionamiento apoyada en la interacción de dispositivos GPS? y ¿Que niveles de precisión podría alcanzar esta técnica?

Key-words: DGPS, GNSS, GPS, Cooperative-GPS.

CONTENIDO

	Pág.
1. Marco Teórico	5
1.1. Sistema global de posicionamiento satelital - GNSS	5
1.1.1. El funcionamiento GPS	5
1.2. Modelos observacionales y técnicas de posicionamiento	6
1.2.1. Posicionamiento Autónomo	6
1.2.2. Posicionamiento Relativo	8
2. Estado del Arte	11
3. OBJETIVOS	13
3.1. General	13
3.2. Específicos	13
4. Metodología	14
4.1. Fundamentación y adquisición bibliográfica	14
4.2. Construcción del prototipo software	15
4.3. Construcción del prototipo hardware	15
4.4. Fase de análisis de caso de estudio	15
4.5. Fase de divulgación	16
5. Cronograma de actividades	17
6. Presupuesto	18
6.1. Equipos y dispositivos	18
6.2. Insumos de papelería, Consultas Bibliográficas y Costos de divulgación.	18
6.3. Recurso Humano	19
6.4. Costos totales	20
6.5. Resultados Esperados o Productos	20
6.6. Conformación y trayectoria del grupo de investigación	21

MARCO TEÓRICO

Este capítulo tiene como objeto introducir los conocimientos sobre sistemas de posicionamiento Global (GPS) y los aspectos técnicos relacionados con las señales y su recepción en dispositivos de posicionamiento (receptores).

Sistema global de posicionamiento satelital - GNSS

El sistema de posicionamiento global (GPS), es el primer sistema global de navegación satelital GNSS. GPS consta de una constelación de 24 satélites sobre la orbital media de la tierra que transmite continuamente señales de radio frecuencia hacia la tierra, permitiendo así que los dispositivos de posicionamiento puedan determinar su posición sobre la superficie terrestre.

La idea detrás de los sistemas de posicionamiento tales como GPS, puede resumirse en que:

Si la distancia desde tres satélites en el espacio a un punto en común sobre la superficie de la tierra (un receptor GPS) es conocida, junto con la posición de los satélites al momento de la transmisión, la posición del receptor puede ser determinada gracias a la aplicación de conceptos trigonométricos, álgebra y un sistema de coordenadas apropiado.[?].

Sin embargo, la problemática es ¿Cómo conseguir las distancias a cada satélite de forma precisa, para poder aumentar la precisión al momento de determinar la posición del receptor sobre la superficie de la tierra.?

Para ello es necesario profundizar más los conceptos y conocimientos acerca del funcionamiento de GPS.

El funcionamiento GPS

GPS funciona gracias a la transmisión continua de señales de radiofrecuencia a través de la ionosfera y la troposfera. Las señales transmitidas están conformadas por dos señales de portadora, dos códigos y un mensaje de navegación (detalles acerca del satélite). Estas señales son adquiridas gracias a una antena especialmente diseñada para captar las señales en el rango de frecuencias específicos en que transmiten los satélites GPS (1227.60 y 1575.42 MHz).

Posterior a la adquisición y decodificación de la señal viene una etapa de cálculos en la que un componente de software realiza cálculos para descifrar qué mensaje de navegación corresponde a determinado satélite, gracias a los códigos recibidos de manera simultánea.

Triangulación y trilateración.

Triangulación es el método o forma más común para la determinación de una posición sobre la superficie terrestre basada en puntos de referencias o “faros”. Para ello, los ángulos entre el receptor y los puntos de referencia deben ser conocidos para que receptor puede determinar su posición; en este escenario, la precisión con la que el receptor determina su posición, depende de la precisión con la que puede medir los ángulos con respecto a cada punto de referencia.

La Trilateración, es un método apoyado en el conocimiento de las posiciones de los puntos de referencia. En este caso, la precisión con la que el receptor puede determinar su posición depende estrictamente de la exactitud con la que puede medir la distancia hasta el punto de referencia. En este concepto se apoya el funcionamiento de GPS.

Modelos observacionales y técnicas de posicionamiento

Los observables de medición arrojado por los dispositivos de posicionamiento son el resultado de los procedimientos internos del receptor para la estimación de los tiempos de viaje de la señal, luego de las etapas de adquisición y de-modulación. Los observables entregados por los dispositivos GPS, pueden estar expresados en formato propietario(binario) o acogidos a estándares como **NMEA**¹ y **RINEX**².

En teoría, una vez las señales han sido decodificadas y clasificadas, con el conocimiento de las distancias de tres satélites hasta el punto donde se ubica el receptor, es posible mediante la solución a un sistema de ecuaciones que tiene como incógnitas las coordenadas X, Y, Z donde se encuentra el receptor. Sin embargo, un cuarto satélite es necesario para una cuarta variable (tiempo), la cual hace referencia al momento exacto en el que el receptor recibir las señales que le permiten posicionarse.

Dado que las fuentes de error a las que está expuesta la señal que viaja entre el satélite y el receptor pueden afectar la fidelidad del observable, se emplean modelos matemáticos para representar el valor medido (observable), como una expresión que contiene el valor real a medir (distancia) y la ponderación de las fuentes de error que contaminan la medición.

Posicionamiento Autónomo

Es quizás el método de posicionamiento más sencillo y autónomo que puede permitir localizar un receptor sobre la superficie de la tierra. Este método es la base inicial para llevar a cabo tareas de posicionamiento mediante GPS. El modelo SPP como comúnmente se le conoce, plantea la introducción de modelos matemáticos que representan la forma y cantidad en cómo las distintas fuentes de error afectan los observables de medición (pseudo-rango y rango de portadora).

¹NMEA: National Marine Electronics Association, <http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>

²RINEX: Receiver INdependent EXchange, <https://igscb.jpl.nasa.gov/igscb/data/format/rinex211.txt>

El modelo de posicionamiento de punto sencillo, busca la minimización o mitigación de los errores que afectan los observables para así obtener la localización del receptor GPS o GNSS.

Pseudorango.

Considerando que GPS se apoya en que el cálculo de las distancias propuesto por el método de trilateración, la sincronización y precisión del tiempo en los satélites y receptor con respecto al tiempo de referencia GPS (GPSTime) es un factor importante.

Para ello, la sincronización de los relojes de los satélites son monitorizados por el segmento de control GPS, mientras que el reloj de los receptores es sincronizado por la recepción del los mensajes satelitales en un tiempo no mayor a 100ms, de forma que el receptor y el satélite tengan el mismo tiempo de referencia al momento del cálculo de tiempo de vuelo de la señal a través de la atmósfera y hacer posible el cálculo del pseudo-rango con un mayor nivel de precisión.

Una vez se cuenta con el tiempo de vuelo de la señal (TOF - time of flight), el cálculo de la distancia entre el satélite y el receptor puede generalizarse como:

$$\rho_r^s = (t_{rx} - t_{tx}) * c \quad (1.1)$$

donde:

c representa la velocidad de la luz.

t_{rx} tiempo al momento de la recepción, en reloj en el receptor con respecto a GPSTime.

t_{tx} tiempo al momento de la transmisión, en el transmisor con respecto a GPSTime.

La ecuación generalizada para el observable pseudo-rango, tomando en consideración la mayoría de las fuentes de error que la pueden afectar su correcta medición, es definida por la ecuación 1.2.

$$P_r^s(t) = \rho_r^s(t) + c * \tau_r(t) - c * \tau^s(t) - d_{iono}^s + d_{trop}^s + M_{r,P}^s(t) + \eta \quad (1.2)$$

donde:

$P_r^s(t)$ observable de pseudo-rango, con todos los errores asociados en el proceso de adquisición de la señal.

$\rho_r^s(t)$ representa el rango geométrico existente entre el receptor y el satélite en el tiempo t .

c velocidad de la luz.

τ_r error asociado a la mala sincronización del reloj en el receptor con respecto al GPS-Time, en el tiempo t .

τ^s error asociado a la mala sincronización del reloj en el satélite con respecto al GPS-Time, en el tiempo t .

d_{iono}^s error asociado con el retraso ionosférico.

d_{trop}^s error asociado con el retraso troposférico.

$M_{r,P}^s(t)$ error asociado con el fenómeno de multipath en el tiempo t .

η error en la medición del pseudo-rango debido al ruido en el receptor en el tiempo t .

Es importante aclarar que para algunos modelos de observables, suele verse que los errores asociados a los orbitales de los satélites son considerados como una constante, bajo la consideración de que el cambio instantáneo en la posición de los satélites es demasiado lenta a durante el tiempo de medición, lo cual es valido para modelos simplistas y menos precisos.

Igualmente, el retraso ionosférico puede a ser modelados por medio de constantes o funciones con tasas de cambio lentas, para representar la variación del contenido de electrones entre una medición y otra.

Esta es la razón por la cual el planteamiento de las técnicas de posicionamiento diferencial, puede mitigar esta fuente de error entre mediciones consecutivas (época a época). Adicionalmente el estudio en [?], [?], presenta que el retraso ionosférico para múltiples receptores ubicados relativamente cerca entre sí (rangos de 200 km), puede asumirse que el retraso ionosférico es similar para ellos.

Posicionamiento Relativo

Como su nombre lo indica, el posicionamiento relativo hace referencia a la técnica que permite localizar uno o mas dispositivos GPS con respecto a uno o más puntos referencia GPS.

Como se hizo referencia con anterioridad, las técnicas diferenciales pueden mitigar algunas fuentes de error que afectan la precisión en el posicionamiento; esto en virtud de manipular de los observables primarios obtenidos por el receptor, mediante la operación conocida como diferenciamiento.

El diferenciamiento hace referencia, a tomar la diferencia entre dos observables de medición, con el propósito de mitigar o eliminar algunas fuentes de error comunes entre estas dos mediciones.

Diferenciamiento sencillo.

El modelo de diferenciamiento sencillo, comprende la operación de diferencia entre los observables de 2 receptores (Rx1, Rx2) durante una misma epoca (mismo tiempo) con respecto a un satélite en común, como puede apreciarse en la figura 1.

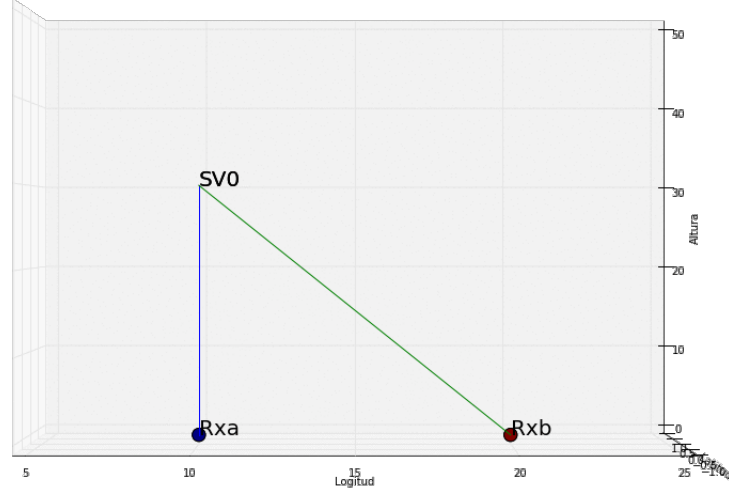


Figura 1: Diferenciamiento sencillo.

Por términos prácticos y con el propósito de tener mayor claridad, se asume el uso del observable de medición será el pseudo-rango expresado en la ecuación 1.3. Donde el termino ϵ_r^s , representa la combinación de los términos de ruido (η) y multipath ($M_{r,P}^s(t)$).

Los términos d_{iono}^s y d_{trop}^s , pueden asumirse similares para ambos receptores conforme a lo expuesto en los estudios [?], [?]; de esta forma los observables de medición para cada receptor con respecto a un solo satélite, serían:

$$\begin{aligned} P_A^s(t) &= \rho_A^s(t) + c * \tau_A(t) - c * \tau^s(t) - d_{iono}^s + d_{trop}^s + \epsilon_A^s \\ P_B^s(t) &= \rho_B^s(t) + c * \tau_B(t) - c * \tau^s(t) - d_{iono}^s + d_{trop}^s + \epsilon_B^s \end{aligned} \quad (1.3)$$

La operación de diferenciamiento entre los observables presentados en la ecuación 1.3, se define como ΔP_{AB}^s :

$$\begin{aligned} \Delta P_{AB}^s &= P_B^s - P_A^s \\ &= (\rho_B^s - \rho_A^s) + c * (\tau_B - \tau_A) + (\epsilon_B^s - \epsilon_A^s) \\ &= \Delta \rho_{AB}^s + c * \Delta(\tau_{AB}) + \Delta(\epsilon_{AB}^s) \end{aligned} \quad (1.4)$$

Doble diferenciamiento.

El modelo de doble diferenciamiento, también conocida como "diferenciamiento entre satélites" [?] - es el diferenciamiento entre dos diferenciales sencillos según lo define, con lo que básicamente se encuentra la diferencia entre las observaciones de 2 receptores con respecto a un par satélites.

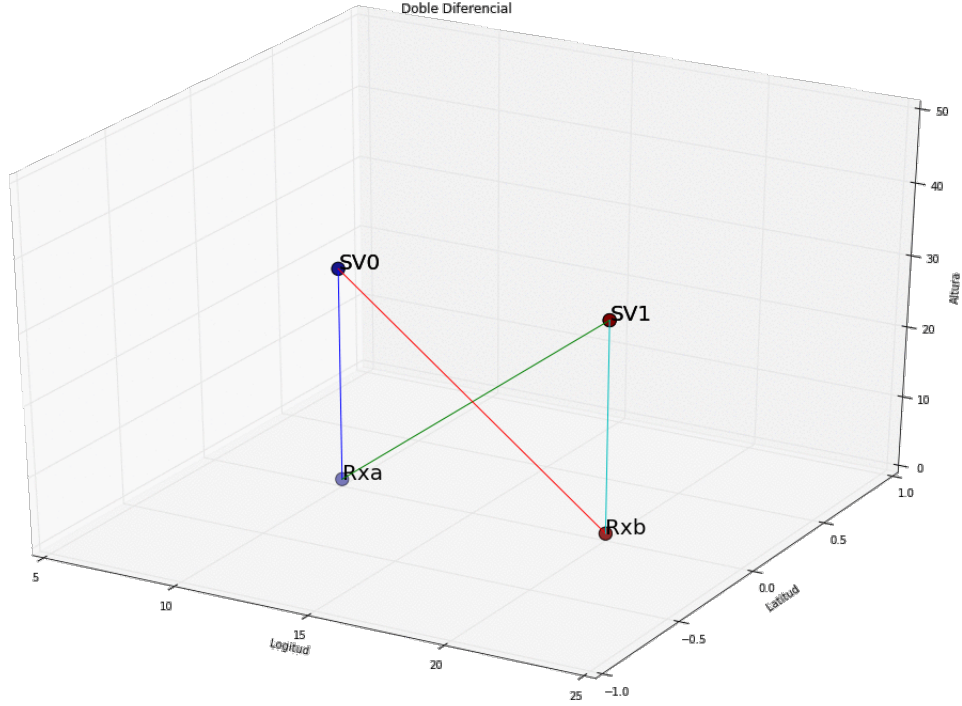


Figura 2: Doble diferenciamiento.

Retomando la ecuación 1.4, que es el resultado entre el diferenciamiento de los observables de un receptor A y B con respecto a un satélite y considerando el escenario de la figura 2, se tiene que:

$$\begin{aligned}\nabla \Delta P_{AB}^{12} &= \Delta P_{AB}^2 - \Delta P_A^1 \\ &= \Delta \rho_{AB}^{12} + \Delta \epsilon_{AB}^{12}\end{aligned}\tag{1.5}$$

Donde el símbolo ∇ representa la segunda operación de diferenciamiento con respecto a un segundo satélite en común entre los receptores A y B.

Según se expresa en la ecuación 1.5, al desarrollar la operación de doble diferenciamiento, los términos asociados con la mala sincronización en los relojes de los satélites y los receptores, son eliminados. Quedando el término ϵ_r^s , quien representa la combinación de los términos de ruido (η) y multipath ($M_{r,P}^s(t)$).

ESTADO DEL ARTE

En calidad de abordar la búsqueda de precisión decimétrica en sistemas de posicionamiento, se ha realizado un breve recorrido por la literatura para clasificar aquellos trabajos que se consideran relevantes para el desarrollo de la presente investigación.

Producto de la revisión de los trabajos desarrollados durante las últimas dos décadas y relacionados con temas de interés para la presente investigación, se considera la clasificación de los mismos en 3 grandes grupos.

En el primer grupo a considerar, se encuentran los trabajos relacionados con el modelado matemático y representación de fenómenos relacionados con el comportamiento de la ionosfera, troposfera durante el viaje de la señal desde el satélite al receptor, así como el planteamiento de modelos corrección y predicción de órbita de satélites y/o errores por efectos de reflexión y difracción, que tienen incidencia en el nivel de precisión en tareas de localización y posicionamiento.

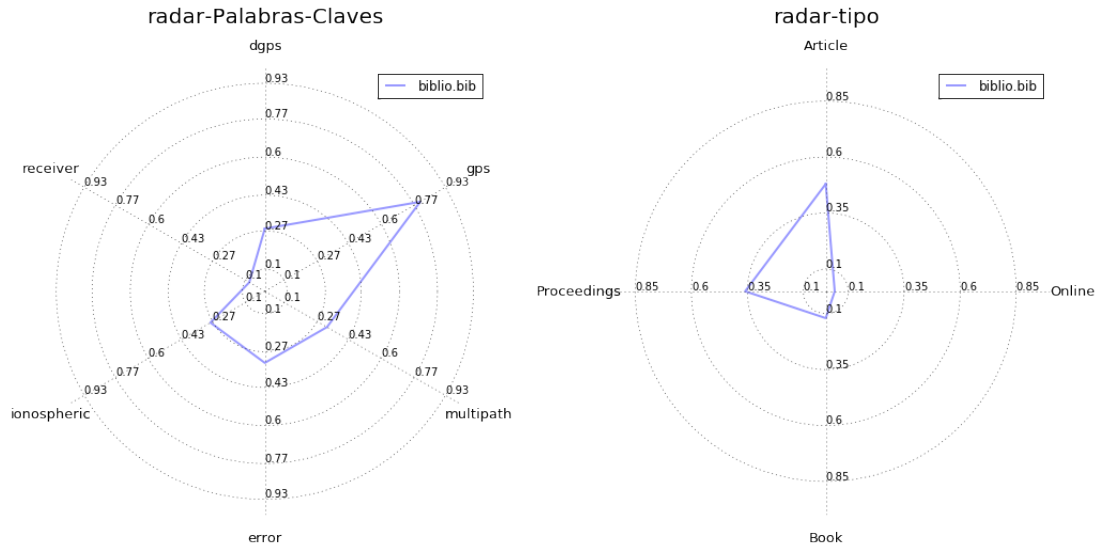
Un segundo grupo, es el orientado a la mejora y desarrollo de aplicaciones GNSS apoyado en la integración de tecnologías emergentes y la tecnología GNSS, para aplicaciones civiles, comerciales y científicas, como son los casos de integración de unidades de medición inercial (IMU) con GPS, Indoor-GPS, Outdoor-GPS, etc, en sistemas de transporte inteligente (ITS), medición del desplazamiento de capas tectónicas, medición de nivel de cauce en ríos y lagos, entre otros.

Dentro de este grupo, los estudios relacionados van desde el estudio patrones de movimiento de la población dentro de mercados ambulantes [?], atractivos turísticos y zonas de reserva natural [?], [?]; hasta el desarrollo de un sistema de posicionamiento cooperativos para sistemas de transporte inteligente (ITS) dentro de ambientes urbanos [?].

Finalmente una publicación que presenta una interesante visión del futuro de la tierra basada en el uso de Internet de las cosas (IOT) [?]. Se propone una completa infraestructura apoyada en dispositivos móviles, que trabajan como sensores y entregan información a un servicio web encargado de generar modelos de información locales y globales. Con la información presentada mediante modelos de información 3D, tendrían información útil para la prevención de desastres naturales, pronóstico del clima y estudios de fenómenos geológicos.

Todas las áreas presentadas en esta clasificación tienen una característica u objetivo en común y es que, con el aporte de cada uno de ellos lo que se busca es tener un posicionamiento de precisión.

Los valores presentados en la Figura 3, corresponden a valores porcentuales producto de la revisión de un total de 30 documentos, para llevar a cabo el planteamiento de la presente propuesta.



(a) Palabras Claves.

(b) Tipos de Documento.

Figura 3: Extracción de información desde Estado del arte.

En listado de palabras presentado en la Figura 4, es producto de la asociación de la palabras claves encontradas en cada artículo revisado, que dan idea de los temas que pueden estar relacionados con el objeto de esta investigación y que permiten tener una idea del contexto y trabajos relacionados con la misma.

```
*****
LAS 6 "PALABRAS CLAVES" mas usadas      {'dgps': [7], 'receiver': [2], 'ionospheric': [7], 'error': [8],
'multipath': [8], 'gps': [20]}

LAS PALABRAS DERIVADAS O RELACIONADAS CON LAS MAS USADAS

dgps -> []
receiver -> ['gps']
ionospheric -> ['models', 'delay', 'model', 'error']
error -> ['sources', 'ionospheric', 'multipath']
multipath -> ['error']
gps -> ['tracking', 'software receiver', 'for movement patterns', 'for authentication systems', 'mobile devices',
'applications', 'for natural park management', 'receiver', 'velocity', 'for analysis of bargaining shopping', 'nav
igation', 'in park management', 'accuracy']

*****
```

Figura 4: Palabras derivadas o relacionadas con las palabras claves de los artículos revizados.

OBJETIVOS

Los objetivos planteados en este apartado tienen como propósito identificar los aspectos que permitan dar respuesta a la pregunta, ¿Es posible mejorar el nivel de precisión en localización dentro de ambientes urbanos, mediante la interacción de dispositivos de posicionamiento GPS inmersos en este ambiente?

General

Plantear una técnica de posicionamiento basada en la interacción de dispositivos GPS, para determinar si el intercambio de información entre dispositivos permite mejorar en el nivel de precisión dentro de ambientes urbanos.

Específicos

Para alcanzar el objetivo general planteado en este trabajo de investigación, se considera importante el desarrollo de las siguientes actividades:

- Plantear un modelo matemático que permita construir una técnica de posicionamiento basada interacción de dispositivos GPS.
- Validar el planteamiento matemático involucrado en la técnica de posicionamiento mediante simulación, para saber si los resultados obtenidos concuerdan con el objetivo de la investigación.
- Seleccionar un mecanismo de interacción entre dispositivos gps, basado en la información requerida por el modelo matemático para realizar el cálculo de posicionamiento.
- Evaluar el nivel de precisión alcanzado por los dispositivos dentro de ambientes urbanos, para identificar los casos de uso de la técnica de posicionamiento planteada.

METODOLOGÍA

Con el fin de alcanzar los objetivos planteados en este proyecto de investigación, se reconoce la necesidad de fijar una secuencia y prioridad de actividades. Por ello se proponen las fases de desarrollo para el proyecto, cada una de las cuales tiene finalidad y funcionalidad dentro del desarrollo del proyecto de investigación. Con fines de realizar control y seguimiento a cada una de las fases, se plantea un cronograma de actividades con intervalos de tiempo conformes a las cargas de trabajo de las actividades a realizar.

A continuación se presenta una perspectiva global del proyecto y la descripción de las actividades a desarrollar, para lograr los objetivos propuestos para el proyecto.

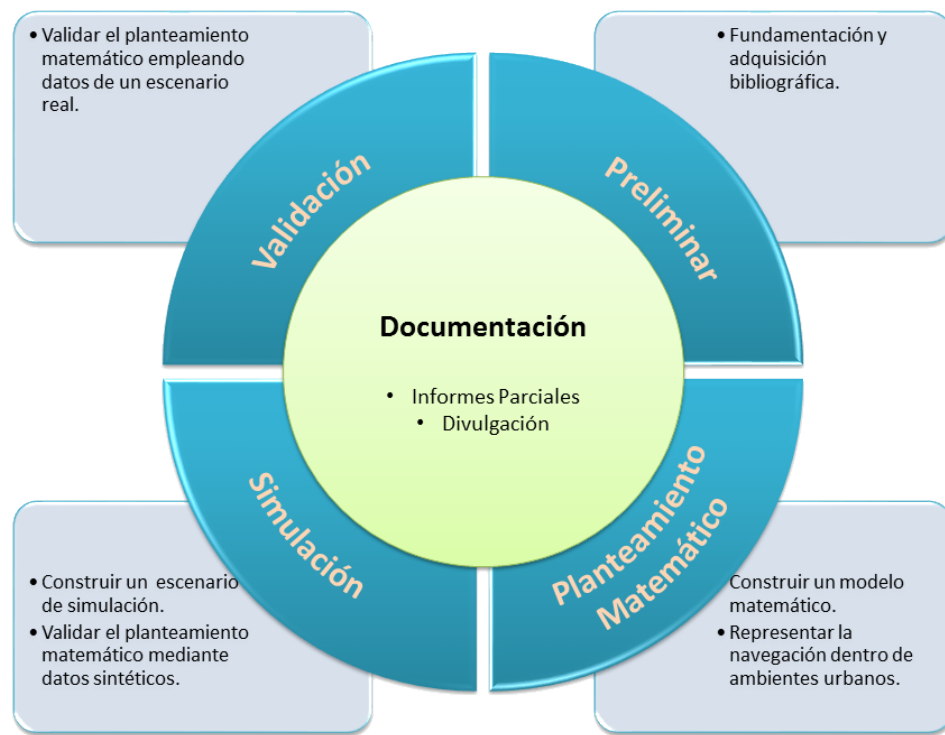


Figura 5: Metodología para el desarrollo del proyecto.

Fundamentación y adquisición bibliográfica

Durante el transcurso de las cinco (5) semanas iniciales del proyecto (de las 16 destinadas para el desarrollo total); serán destinadas a la contextualización y consulta bibliográfica acerca de sistemas embebidos, procesadores embebidos, modelos de programación y plataformas de cómputo de alto rendimiento; con el fin de tener bases y fundamentos teóricos para enfocar el futuro inmediato del proyecto.

Como son el planteamiento del modelo matemático para la técnica de posicionamiento y la selección de un medio de comunicación entre dispositivos para el intercambio de información en materia de observables de posicionamiento.

Construcción del prototipo software

Esta etapa comprende el desarrollo de una versión simulada de la técnica de posicionamiento, que acoge los planteamientos matemáticos y modelos numéricos considerados necesarios para representar las condiciones en que se ve involucrado un dispositivo de posicionamiento durante la tarea de posicionamiento dentro de un ambiente urbano.

Con el prototipo de software construido se procede a verificar los resultados numéricos del mismo, con los cuales se tiene un primer acercamiento al comportamiento y características de la técnica desarrollada; sobre los cuales se puede ejercer criterio y determinar si el planteamiento matemático producto de la fase anterior, es un recurso válido para el alcance del objetivo planteado en la presente propuesta de investigación.

Construcción del prototipo hardware

Con la ayuda del prototipo de software y los resultados de simulación del planteamiento matemático, se identificará el tipo de información y medio de comunicación requerido para el intercambio de información entre dispositivos, que permita a la técnica de posicionamiento planteada llevar a cabo el cálculo y solución del posicionamiento del dispositivo que lo emplee.

Igualmente se lleva a cabo la integración del software y los componentes de hardware disponibles, para la creación de receptores GPS con los cuales obtener datos bajo condiciones reales de la técnica de posicionamiento propuesta.

Fase de análisis de caso de estudio

Con esta actividad se busca clasificar los datos obtenidos por los receptores GPS al momento de emplear la técnica de posicionamiento propuesta, con el fin de evaluar el nivel de precisión obtenido en escenarios al aire libre y dentro de cañones urbanos.

Con base en estos resultados, se busca construir argumentos y conclusiones suficientes para determinar si la técnica de posicionamiento propuesta es una alternativa de solución a la problemática planteada y permite dar respuesta a la pregunta de investigación bajo la cual se origina este trabajo de investigación.

Fase de divulgación

Durante el desarrollo de cada una de las fases que componen la metodología propuesta, se generan controles de avance del proyecto junto con procesos de redacción y revisiones parciales del documento final; donde se materializa experiencia adquirida y los resultados alcanzados durante cada fase de la investigación.

Esta fase de la investigación esta enfocada a la divulgación de los resultados y experiencias adquiridas por medio de una publicación científica; en conformidad a lo definido en el reglamento de general posgrados ¹, para la obtención del título profesional como Magíster en Ingeniería de Sistemas.

¹Artículo 114 (numeral c): *En el caso de maestrías de investigación, haber publicado o tener la aprobación para la publicación de un (1) artículo de su autoría, en una revista científica indexada u homologada por Colciencias o con índice de impacto o haber participado con ponencia en, al menos, un (1) evento académico internacional en el campo disciplinar de la maestría.*, Acuerdo 075 de 2013 - Consejo Superior - Univ. Industrial de Santander.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El cronograma de actividades correspondiente a esta propuesta de investigación se describe a continuación:

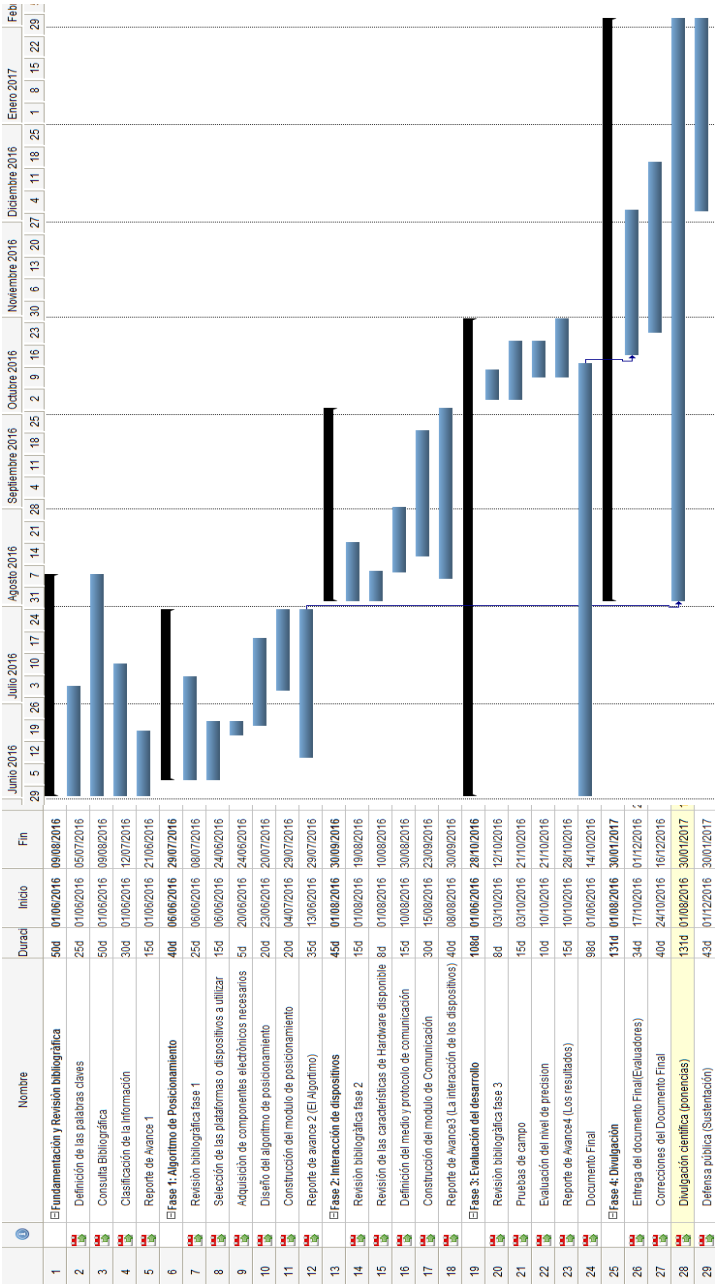


Figura 6: Cronograma de actividades propuesto para el desarrollo del presente proyecto de investigación [Fuente: Autor]

PRESUPUESTO

Con el fin de cuantificar los recursos necesarios para el desarrollo de este trabajo, se presentan de forma detallada los costos relacionados con cada uno de los recursos utilizados para la ejecución del proyecto, y los costos adicionales generados por imprevistos.

Equipos y dispositivos

Dispositivos y Equipos Electrónicos					
Naturaleza	Componente	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Subtotal
Equipos de Computo**	PCs Personales	Hora/Uso	640	1,803	\$ 1,153,846
	Subtotal 1				\$ 1,153,846
Equipos y suministros	Módulo GPS/GNSS	Hora/Uso	2	\$ 95,702	\$ 191,404
	Router inalámbrico Gigabit	Hora/Uso	1	\$ 89,322	\$ 89,322
	Tarjetas Embebidas	Dispositivo	2	\$ 596,160	\$ 1,192,320
	Cargadores	Dispositivo	2	\$ 99,360	\$ 198,720
	Memorias SD	Dispositivo	4	\$ 31,050	\$ 124,200
Costo Parcial					\$ 1.659.346
Costos de Impuestos y Envío (24 %)					\$ 398.243
Subtotal 2					\$ 2.057.589
**Los costos indicados en esta tabla registran para el año 2016; pueden estar sujetos a modificación				\$Total	\$ 3.211.435

Tabla 1: Dispositivos y Equipos Electrónicos

Insumos de papelería, Consultas Bibliográficas y Costos de divulgación.

En la siguiente tabla se describen los costos relacionados con insumos de papelería y costos de viáticos considerados para la presente investigación.

Insumos, Consultas Bibliográficas y Costos de divulgación.

Naturaleza	Componente	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Subtotal
Consultas*	Consultas Bibliográficas	Hora	1680	1000	\$ 1.680.000
	Accesos a Base de Datos	Consulta	150	7.800	\$ 1.170.000
	Subtotal 1				\$ 2.850.000
Papelería*	Impresiones	Unidad	800	\$ 100	\$ 80.000
	Fotocopias	Unidad	400	\$ 50	\$ 40.000
	Empastes y Digitación	Unidad	2	\$ 60.000	\$ 120.000
Subtotal 2					\$ 220.000
Software*	Ofimatica	Hora/Uso	4.300	\$ 0	\$ 0
	Subtotal 3				\$ 0
Divulgación*	Pasajes	Ponencia	1	\$ 1.552.500	\$ 1.552.500
	Viáticos	Ponencia	1	\$ 1.397.250	\$ 1.397.250
	Subtotal 4				\$ 2.949.750
Costo Parcial					\$ 6.019.750
Costos de Impuestos y Envío (24 %)					\$ 1.444.740
**Los costos indicados en esta tabla registran para el año 2016; pueden estar sujetos a modificación				\$Total	\$ 7.684.490

Tabla 2: Dispositivos y Equipos Electrónicos

Recurso Humano

Recurso Humano							
Nombres y Apellidos	Nivel de Formación	Función	Horas por semana	Valor Hora	Dedicación [semanas]	SUBTOTAL [\$]	
Gabriel Pedraza*	Ing., PhD	Director	2	\$ 204.000	32	\$ 13.056.000	
Raúl Ramos Pollán**	Ing., PhD	Codirector	2	\$ 167.000	32	\$ 10.688.000	
William Javier Trigos Guevara	Est. Ing.	Investigador	30	\$ 13.655	32	\$ 13.108.855	
*Costo x hora semanal de dirección							
** Costo x hora semanal de Co-dirección						TOTAL	\$ 36.852.855
*** Valor de financiación mensual (Según crédito condonable, 2 SMMLV)							

Tabla 3: Recurso humano involucrado en el proyecto

Los rubros correspondientes al director y al codirector del proyecto se consideran parte de sus labores académicas como docentes en la Universidad Industrial de Santander.

Costos totales

Concepto	Subtotal
Recurso Humano	\$ 36.852.855
Transporte y Equipos	\$ 3.211.435
Insumos y Consultas Bibliográficas	\$ 7.684.490
Subtotal Gral	\$ 47.748.780
Imprevistos 7 %	\$ 3.342.415
Total	\$ 51.091.194

Tabla 4: Costos totales del proyecto de investigación

Resultados Esperados o Productos

Los resultados de esta investigación, buscan construir argumentos y conclusiones suficientes para determinar si la técnica de posicionamiento propuesta es una alternativa de solución a la problemática de precisión en posicionamiento de dispositivos GPS inmersos en ambientes urbanos. Y con los cuales se pueda dar respuesta a la pregunta de investigación bajo la cual se origina este trabajo de investigación.

Conducentes al fortalecimiento de la capacidad científica nacional:

- Tesis de maestría que aporta al avance del país en una línea de investigación sistemas de posicionamiento, promoviendo el uso de plataformas y librerías para la adquisición y procesamiento de datos GPS/GNSS.
- El trabajo aporta cuerpo del conocimiento para futuros desarrollos y aplicaciones en el uso de sistemas de posicionamiento, para desarrollos tecnológicos que permitan la transformación de la ciudad de Bucaramanga en una ciudad inteligente.

Relacionados con la generación de conocimiento y/o nuevos desarrollos tecnológicos:

- Estudio de los algoritmos del estado del arte en técnicas de posicionamiento GPS/GNSS.
- Desarrollo de una técnica de posicionamiento basada en la interacción de dispositivos GPS inmersos en ambientes urbanos.
- Publicación de artículo en revista científica relacionada con el área de interés del proyecto, en un plazo máximo de un año después de culminado el proyecto.

Conformación y trayectoria del grupo de investigación

Lineas de Investigación de SC3:

- Internet de las cosas (IoT).
- Supercómputo y cálculo científico.
- Computación distribuida.
- GPS, GNSS y Sistemas de posicionamiento satelital.
- Sistema Embebidos.

Proyectos desarrollados por SC3:

- ARQUITECTURA E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS PARA SISTEMAS GLOBALES DE NAVEGACION POR SATELITE (GNSS), Diego Fernando Acosta Ortiz, Raul Ramos Pollan, Santiago Soley Rimblas. Trabajo de Grado **S 30343**.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. B. Thompson, “Global Positioning System: The Mathematics of GPS Receivers,” *Mathematics Magazine*, vol. 71, p. 260, oct 1998.
- [2] A. E.-S. El-Rabbany, *The effect of physical correlations on the ambiguity resolution and accuracy estimation in GPS differential positioning*. Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, 1994.
- [3] G. Blewitt, “Basics of the gps technique: observation equations,” *Geodetic applications of GPS*, pp. 10–54, 1997.
- [4] J. Van Sickle, *GPS for land surveyors*. CRC Press, 2008.
- [5] N. K. F. Tsang, H. Tsai, and F. Leung, “A Critical Investigation of the Bargaining Behavior of Tourists: The Case of Hong Kong Open-Air Markets,” *Journal of Travel & Tourism Marketing*, vol. 28, pp. 27–47, jan 2011.
- [6] E. Meijles, M. de Bakker, P. Groote, and R. Barske, “Analysing hiker movement patterns using GPS data: Implications for park management,” *Computers Environment and Urban Systems*, vol. 47, pp. 44–57, sep 2014.
- [7] D. Orellana, A. K. Bregt, A. Ligtenberg, and M. Wachowicz, “Exploring visitor movement patterns in natural recreational areas,” *Tourism Management*, vol. 33, pp. 672–682, jun 2012.
- [8] S. Tang, N. Kawanishi, R. Furukawa, and N. Kubo, “Experimental Evaluation of Cooperative Relative Positioning for Intelligent Transportation System,” *International Journal of Navigation and Observation*, vol. 2014, pp. 1–12, 2014.
- [9] D. Li, Y. Yao, Z. Shao, and L. Wang, “From digital Earth to smart Earth,” *Chinese Science Bulletin*, vol. 59, pp. 722–733, jan 2014.