



SMART CITY TRANSPORT

innovating for the future

CONTROL INTELIGENTE DEL TRÁFICO CON REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS

Entregable 1

Febrero 2015

Preparado para: Jose Mari Sarriegi, Supervisor

Preparado por: SMART CITY TRANSPORT



SMART CITY TRANSPORT

innovating for the future



Contenido

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Presentación del Proyecto | 1 |
| 2 | Antecedentes de SCT | 2 |
| 3 | Estado del arte | 4 |
| 4 | Descripción del proyecto | 9 |
| | 4.1. Sensores Inalámbricos | |
| | 4.2. Estación Base (EB) | |
| | 4.3. Caja de Control de Luces de Tráfico (CCLT) | |
| | Diferenciación | |
| | Diagrama de flujo | |
| 5 | Objetivos del proyecto | 19 |
| | 5.1. Objetivos técnicos | |
| | 5.2. Objetivos sociales | |
| | 5.2. Objetivos económicos | |
| | 5.3. Objetivos medioambientales | |
| 6 | Oportunidad real del proyecto | 24 |
| | Datos de contacto | 29 |



1 Presentación del Proyecto

El tráfico de vehículos está incrementando continuamente en todo el mundo, especialmente en las áreas metropolitanas más pobladas. Ello resulta en una cada vez mayor congestión del tráfico, algo que preocupa enormemente a los controladores. Los métodos actuales para la vigilancia y el control del tráfico no son suficientemente eficientes en términos de rendimiento, coste y mantenimiento, lo que hace más necesario que nunca un adelanto en el sector.

En este proyecto se presenta el diseño de un sistema totalmente innovador, que gestiona de manera inteligente las señales de tráfico en una intersección. Concretamente, presentamos un sistema de control basado en una red de sensores inalámbricos (RSI) y un nuevo algoritmo para controlar las secuencias de los flujos. Esta técnica se adapta automáticamente a las condiciones del tráfico, y es aplicable tanto a intersecciones individuales como a interconectadas.

La base de su funcionamiento es la siguiente: la red de sensores inalámbricos transmite sus datos a un controlador, que a su vez es capaz de operar a tiempo real los semáforos de la intersección mediante el algoritmo de manera automática.

Esto supone una grandísima mejora en los términos de rendimiento, coste y mantenimiento con respecto a los demás sistemas ya citados. De llegar a implantarse, podrá contribuir a hacer más eficientes los desplazamientos de los ciudadanos en cualquier ciudad del mundo.

Por tanto, y para probar la gran ventaja que supone su utilización, en las siguientes páginas se detalla un proyecto enfocado a implantar el sistema en la intersección de IGARA, uno de los puntos álgidos de la congestión del tráfico en San Sebastián.



2 Antecedentes de SCT

Año a año se gradúan cientos de ingenieros en Euskadi con la devoción de llevar a cabo sus ideas y poner en práctica todo lo aprendido durante los últimos años. Es ahí donde nace la empresa Smart City Transport (SCT), un grupo de 5 ingenieros que se unieron con la ilusión de mejorar el transporte en las ciudades.

En sus inicios se centraron en la medida de emisión de CO₂ en las ciudades. Esos proyectos se centraban básicamente en implantar sensores de medida de CO₂ en los autobuses públicos y así obtener un mapa de a tiempo real de la calidad del aire a lo largo de toda la ciudad.

Gracias a la experiencia obtenida con los proyectos iniciales se decidió implementar a los sensores la capacidad de posicionar en tiempo real los autobuses. Esta nueva mejora se recibió con gran aceptación en el mercado, muestra de ello son los proyectos que se han llevado a cabo con gran éxito los últimos años.

Si algo han aprendido los fundadores de SCT es que siendo fieles a sus valores son capaces de cumplir sus objetivos. A continuación se muestran los valores que se han inculcado en SCT desde que fue creada.



Innovación:

La innovación es uno de los pilares de SCT, la innovación es llevar a cabo las ideas y buscar siempre la manera de mejorar los productos que se ofrecen. Desde los primeros pasos de SCT hasta el día de hoy se ha seguido el camino que han ido abriendo las ideas que se tenían y tras los exitosos proyectos que se han realizado se ha reafirmado que lo importante es creer en las ideas.

Compromiso:

SCT tiene un compromiso directo con el crecimiento sostenible. Desde el primer proyecto hasta el último se ha perseguido lograr un desarrollo sostenible en las ciudades, no solo por apoyar estrategias como Europa 2020 sino porque SCT cree que las nuevas tecnologías ecológicas y que respeten el medio ambiente son la llave para un futuro más sostenible.

Excelencia:

SCT está en una continua búsqueda de mejora de sus productos. Los productos que ofrece esta empresa han ido evolucionando con el paso del tiempo adaptándose a la demanda y a las nuevas tecnologías que han ido apareciendo a lo largo de su recorrido. Por ello SCT mira con ambición e ilusión el futuro y desea seguir trabajando para ofrecer siempre un producto pionero y a la altura de las necesidades de cada uno.

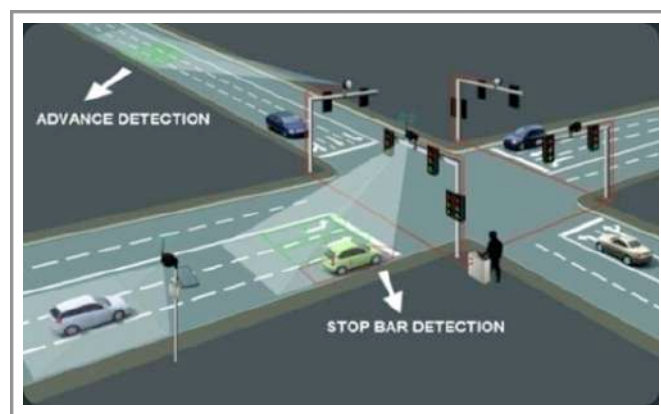




3 Estado del arte

El continuo aumento en los niveles de tráfico en las ciudades es un problema crítico y más aún en horas punta. Para solventar este problema se han ido introduciendo diferentes medidas que se estudiarán a continuación.

A la hora de buscar una solución a este problema ha habido muchas diferentes técnicas como usar cámaras, radares, láseres e infrarrojos. La gran desventaja de todas estas técnicas es que suponen un coste económico grande y no son lo suficientemente precisas ya que muchas veces las condiciones ambientales hacen que sus medidas se desajusten.



Otra de las grandes ramas en el ámbito de reducción de niveles de tráfico es el control de los tiempos de los semáforos.

A finales de los años 60, Webster fue el primero en utilizar simulaciones del tráfico mediante ordenador con el objetivo de analizar los patrones del tráfico y controlar un grupo de semáforos estableciendo el ciclo óptimo y las duraciones de cada estado. Su solución no reaccionaba en tiempo real a los cambios del estado del tráfico y fue desarrollada de forma algorítmica por lo que tampoco podía hacer uso de conocimiento externo.



En 1964, Dunne y Potts ampliaron el trabajo de Webster incluyendo que cuando un semáforo cambia de estado no solo afecta al tráfico de la intersección que él controla, sino también a las intersecciones vecinas o relativamente cercanas. Por ello, pensaron en que al modificar el estado de un semáforo era lógico modificar los semáforos vecinos.

Allsop y Charlesworth en 1977 trataron de ampliar los algoritmos creados por Webster con la idea de mejorar sus resultados, sin embargo el algoritmo resultante no era estable y no encontraba las soluciones óptimas a los problemas planteados.

Ya más adelante, en la década de los 90, Foraste y Scemama diseñan SAGE, un sistema experto basado en reglas para el control de la congestión del tráfico. Este sistema se ha implementado en el mundo real, en la ciudad de París, para el control de 190 semáforos con unas 5000 reglas. A día de hoy, existe por ejemplo el Sistema MASTraCon (MultiAgent System for TRAffic CONtrol), que tiene por objetivo el control y gestión del tráfico rodado en áreas metropolitanas, con vistas a acortar los largos tiempos empleados por los usuarios en los desplazamientos, y aminorar la cantidad de combustible requerida.

Generalmente se pueden distinguir dos métodos diferentes: el control de tiempo fijado y el control de dinámico.

El control de tiempo fijado se basa en estudiar la configuración de los semáforos en una ciudad y buscar un óptimo suponiendo unos flujos de tráfico de antemano. Como se puede intuir este sistema se queda obsoleto cuando ocurre cualquier irregularidad en el flujo del tráfico. Aunque no suponga un coste económico considerable se ve que no es un sistema al que se pueda enfocar el futuro del control de tráfico eficiente.

Por otro lado el control dinámico consiste en recopilar datos en tiempo real del tráfico y adaptar los tiempos de los semáforos al flujo en cada momento. Los sistemas que se han empleado hasta ahora han supuesto un gran coste económico debido al coste de la instalación y al mantenimiento de la red.



Un ejemplo de ello es el caso de Moscú, una ciudad con 6 millones de coches y una gran densidad de tráfico. Moscú ha sido catalogada recientemente como una de las ciudades con más atascos en el mundo. Con la intención de mejorar el transporte se han instalado más de 3000 cámaras haciendo una inversión de más de 200 millones de euros. Gracias a esta red de cámaras se pretende reducir un 20% los atascos. Este sistema se basa en recopilar la información que captan las cámaras y hacer un uso óptimo de las luces de los semáforos adaptándose al tráfico en cada momento. Este método para descongestionar el tráfico tiene la gran ventaja de adaptarse a la carga de tráfico en cada momento por lo que la solución que ofrece este método es óptima en todo momento. La principal desventaja de este método es que depende totalmente de la medida de las cámaras, estas cámaras no funcionan adecuadamente siempre ya que su funcionamiento varía con las condiciones climatológicas y además su ciclo de vida es bastante reducido. Teniendo todo eso en cuenta y sin olvidar la gran inversión que conlleva se puede observar que hay margen de mejora en este campo, principalmente en reducir costes y aumentar la precisión del sistema.



Actualmente existen más de 300.000 semáforos en Estados Unidos y según las estimaciones que ha hecho el Departamento de Transporte de Estados Unidos hasta un 75% de ellos podrían estar trabajando más eficientemente si se ajustaran tiempos, se coordinaran entre si y se actualizaran los equipos. Además, la optimización de los tiempos de los semáforos está considerada como una operación de bajo coste, costando entre 2.500\$–3.000\$ por cada semáforo actualizado.



La tecnología de sistemas inteligentes de transporte (Intelligent Transportation Systems – ITS) hace que los tiempos de los semáforos se ajusten más eficientemente gracias a la recolección de información en tiempo real haciendo que todo el proceso de ajuste llegue a ser automático. Gracias a este sistema el control de tráfico se convierte una tarea más eficiente y con un coste más reducido.

Varios municipios estadounidenses han trabajado para sincronizar, optimizar y actualizar sus semáforos en estos últimos años y a continuación se muestran los beneficios que han logrado gracias a esas medidas:

- El sistema de sincronización de semáforos de Texas ha mostrado un ratio de beneficio-coste de 62:1 con una reducción del 24.6% en retrasos, 9.1% en consumo de combustible y 14.2% en paradas.
- El sistema de administración de semáforos para consumo eficiente del combustible empleado en California ha mostrado un ratio beneficio-coste de 17:1 con una reducción de 14% en retrasos, 8% en consumo de combustible, 13% en paradas y 8% en tiempo de viaje.
- Las mejoras implantadas en las intersecciones de St. Augustine (Florida), han resultado en una reducción del 36% en retrasos, 49% en paradas y 10% en tiempo de viaje ,ahorrando hasta 1.1 millones de dólares anuales.

Además las redes de comunicación hacen que cualquier error en el sistema sea notificado instantáneamente. En cuanto al mantenimiento se requiere un ingeniero cada 75-100 semáforos y un técnico de señal cada 40-50. Sin embargo, para poder aplicar estas comunicaciones a una escala mayor se requerirá de más personal, un sistema centralizado y un reajuste de los tiempos cada 2-3 años.

Además, mirando más el futuro se encuentra la estrategia de Europa 2020. Esta estrategia se basa entre otros objetivos en reducir los gases de efecto invernadero un 40% para el año 2020 con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos europeos. Para lograr ese objetivo en la rama de transporte se han definido los siguientes objetivos:



Fomentar el uso de vehículos con combustibles alternativos como pueden ser los coches eléctricos, celdas de hidrógeno, vehículos de bajo consumo o vehículos de gas natural. Además habría que incluir una extensa infraestructura de suministro de los combustibles y energías citadas anteriormente.

Desarrollo de programas centrados en el transporte público inteligente, administración inteligente del tráfico y reducción de atascos.





4 Descripción del proyecto

Como se citaba anteriormente, en este proyecto se expone un sistema de control del tráfico inteligente, aplicable a una o varias intersecciones, y basado en las redes de sensores inalámbricos. Este sistema tiene el potencial suficiente como para revolucionar la vigilancia del tráfico y su tecnología de control: es de bajo coste y ofrece grandes facilidades de implantación a gran escala. Veamos cómo funciona:

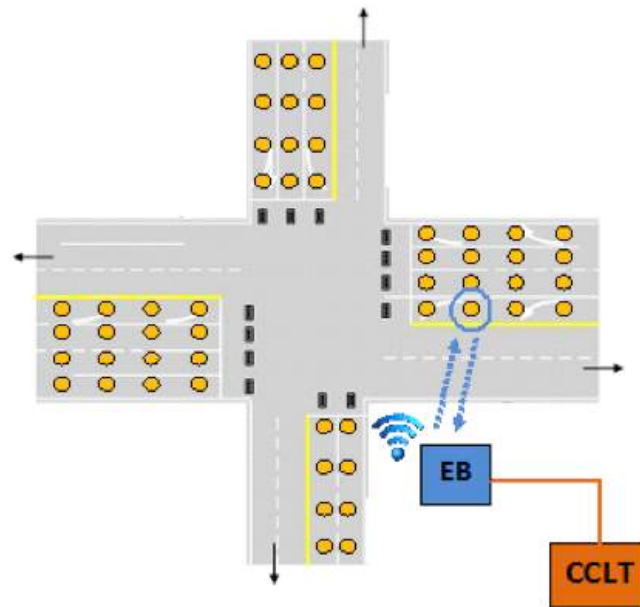
Como punto de partida, y para comprobar la gran viabilidad que tiene esta tecnología, se propone al cliente hacer una primera implantación en el que sin duda es uno de los mayores centros de sobrecarga de tráfico en toda la ciudad de San Sebastián: la ROTONDA DE IGARA. Como se verá más adelante, esta rotonda también puede tratarse como una intersección dado su gran número de entradas y salidas.



Entre los objetivos de la implantación no solo están la ya citadas reducción de costes o incremento de eficiencia, sino también dar una ventaja especial al transporte público para incentivar su uso. La tecnología incorporará una función especial para detectar la llegada de autobuses a la intersección, con ánimo de darles un trato aún más favorable que al resto de vehículos.



De un modo general, veamos cómo funciona:



Podemos diferenciar tres partes fundamentales del sistema: Por un lado se encuentra la red de sensores inalámbricos, por otro la caja de control situada en la estación base, y por último la caja de control de las luces de tráfico. Veamos cada una de sus funciones:

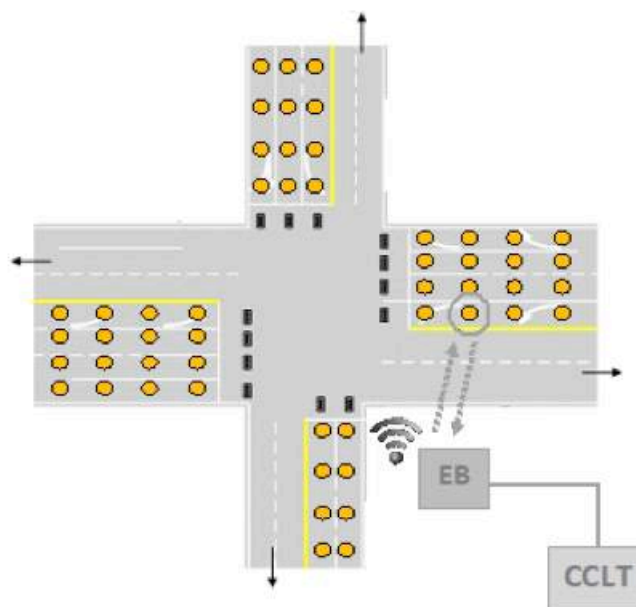


4.1. Sensores Inalámbricos

4.1.1. Tarea

En el esquema propuesto en este proyecto, la tarea de cada sensor (de ahora en adelante: Nodo de Sensor de Tráfico ó **NST**) será la de recopilar los datos de tráfico. Estos datos irán desde el número de vehículos durante los procesos de llegada y salida al cruce, hasta la velocidad y la longitud de los mismos.

4.1.2. Relación con el resto de elementos



Cada sensor emitirá señales que den información sobre su estado. Estas señales serán transmitidas inalámbricamente a la estación base (**EB**), que las procesará e interpretará para aplicar el algoritmo de control. Cabe destacar que cada sensor solo se encenderá cuando la EB así se lo transmita (también inalámbricamente), por lo que el flujo de información será bidireccional.



4.1.3. Instalación física

Los NST se instalarán de forma segura debajo del asfalto de las carreteras, en pequeños agujeros y sin contacto alguno con los vehículos. Esto lleva a minimizar los costes de su mantenimiento, ya que además de deteriorarse menos no haría falta cortar la carretera durante mucho tiempo para sustituir uno.

Habrà una cierta distancia máxima con respecto a la ubicación de la EB, para que la conexión inalámbrica funcione con garantías. La alimentación energética se hará mediante baterías instaladas en el propio sensor.

4.1.4. Componentes

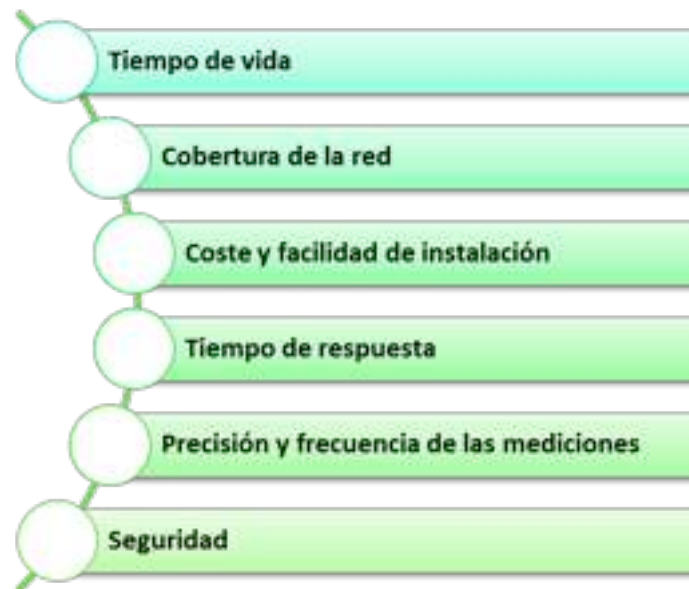
Los sensores inalámbricos son unidades autónomas que de manera general, constan de las siguientes partes principales:

- Batería: es la fuente de energía eléctrica que alimenta a los sensores.
- Microcontrolador: es la unidad central de procesamiento que interpreta las instrucciones y los algoritmos que se le indican al sensor.
- Memoria Flash: permite la lectura y escritura de múltiples datos al mismo tiempo.
- Memoria de almacenamiento: zona reservada para los datos de los algoritmos y programas a ejecutar.
- Placa de sensores: se trata de un circuito electrónico que contiene los sensores de luz, humedad y presión.
- Radio: es el dispositivo de comunicación entre los NST y la EB.
- ADC (convertor analógico-digital): para la transcripción de señales analógicas en señales digitales, con el propósito de facilitar su procesamiento, codificación y compresión.



4.1.5. Parámetros de diseño de la red inalámbrica

Las principales variables que caracterizan una red inalámbrica de sensores, y que se estudiarán a lo largo del proyecto, son los siguientes:



Para el diseño de los componentes del sensor, fundamentalmente vamos a tener en cuenta los siguientes parámetros:

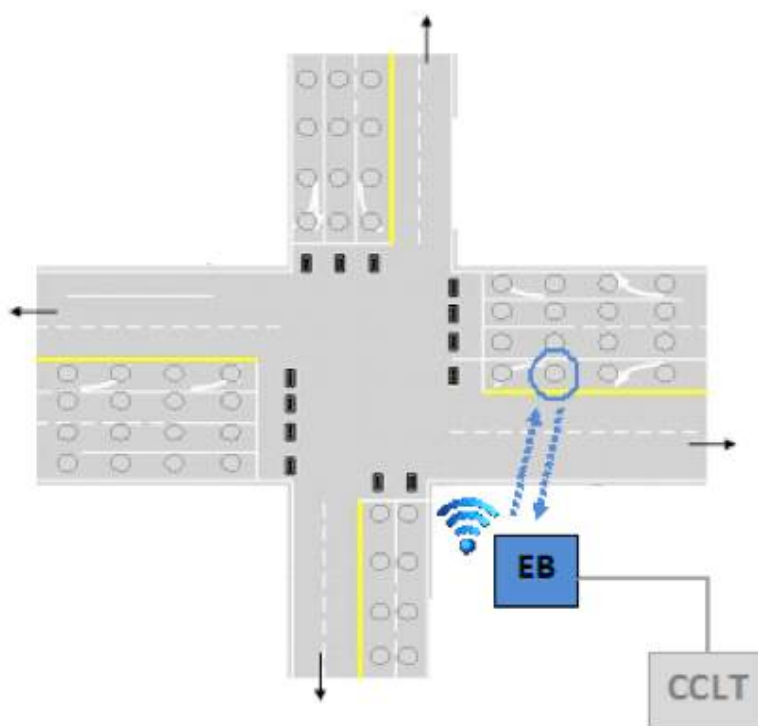




4.2. Estación Base (EB)

4.2.1. Tarea

La tarea de la EB será la de recibir la información de los sensores, procesarla (traducirla a datos de carácter informático), aplicar el algoritmo de control y enviar la solución a la Caja de Control de las Luces de Tráfico (**CCLT**). Todo ello constantemente y a tiempo real.



Para ello, en su haber se ejecutarán dos algoritmos:

- Algoritmo de Comunicación del Sistema de Tráfico (**ACST**), encargado de encender/apagar los sensores y recabar su información de manera ordenada.
- Algoritmo de Manipulación de Tiempos de Señales de Tráfico (**AMTST**), encargado de obtener las órdenes de cambio para las luces de los semáforos a partir de la información recabada.



4.2.2. Relación con el resto de elementos

Como se detalla en el apartado de los sensores, habrá un flujo de información inalámbrico y bidireccional entre la EB y los NST. Esta relación estará dirigida por la acción del algoritmo de comunicación ACST citada en el punto anterior.

Igualmente, una vez ejecutado el algoritmo de control AMTSTa partir de los datos, la EB enviará el resultado a la Caja de Control de Luces de Tráfico las órdenes de manipular los tiempos de cada semáforo.

4.2.3. Instalación física

Físicamente la EB habrá de contener un captador/emisor inalámbrico, un procesador donde ejecutar el algoritmo y una conexión por cable con la CCLT.

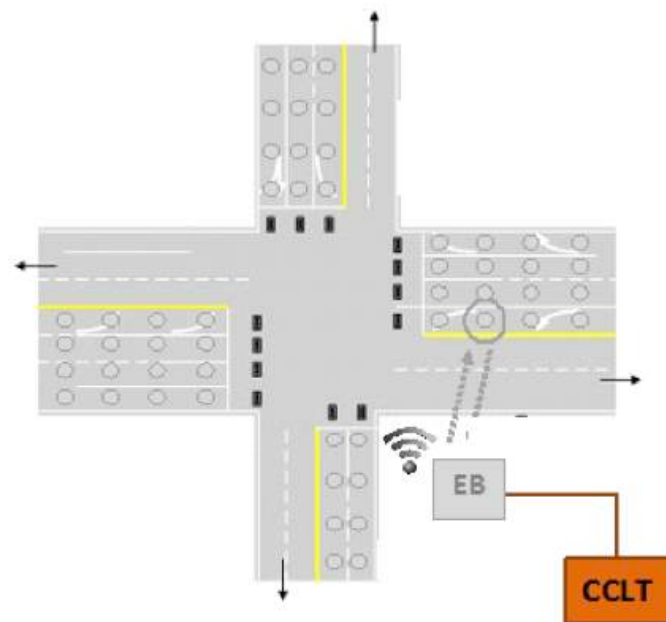
Se tratará de una caja ubicada estratégicamente en la intersección, optimizando las distancias a los sensores para garantizar el buen funcionamiento de la conexión inalámbrica y protegiendo sus elementos internos frente al exterior.



4.3. Caja de Control de Luces de Tráfico (CCLT)

4.3.1. Tarea

La CCLT es la encargada de manipular las luces de tráfico en función de la información proporcionada por la EB. Concretamente, asigna los tiempos de las luces del semáforo, pudiendo modificarlas una y otra vez dependiendo de qué determine el algoritmo de control.



4.3.2. Relación con el resto de elementos

La recepción de datos es a través de cables desde la EB. La CCLT toma estas señales, y automáticamente es capaz de modificar los tiempos de las luces también por medio de cables subterráneos.

4.3.3. Instalación física

Actualmente, este elemento ya existe en todas las intersecciones equipadas con semáforos, y una gran mayoría funciona según los estándares internacionales.



4.4. Diferenciación

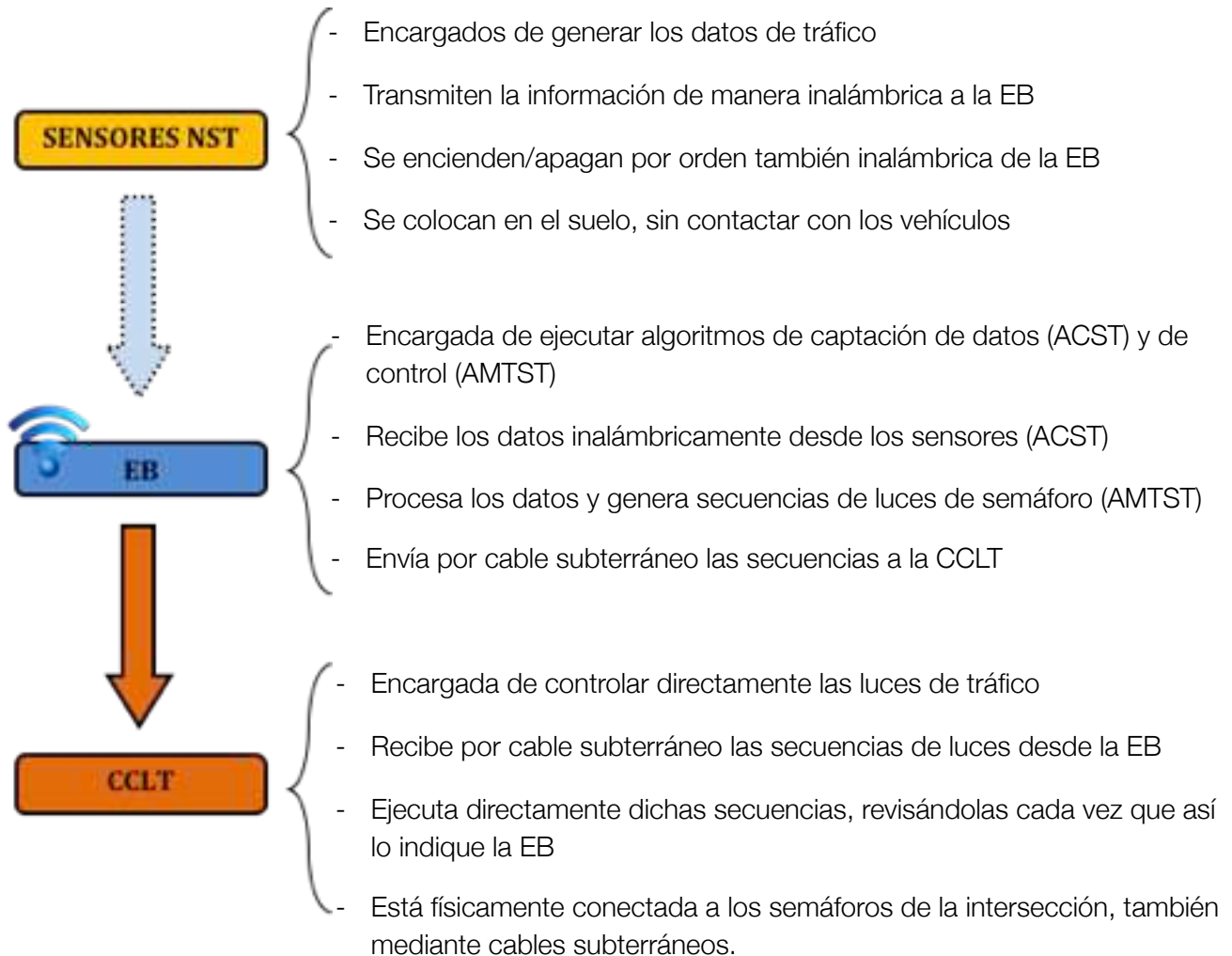
Aunque el proyecto presentado plantee el uso de sensores inalámbricos como algunos otros estudios previos, se distingue de todos los demás en muchos aspectos. Entre otros:

1. Todos los estudios realizados hasta el momento son a nivel teórico. El trabajo pretende definir todos los detalles de su aplicación real, desde el tipo de sensor hasta las características del procesador de los datos.
2. Con respecto a los sistemas ya implantados, este método introduce un novedoso algoritmo que no requiere de ningún cambio de configuración externo, ya que se adapta automáticamente a las condiciones del tráfico.
3. El proyecto propondrá procesos de prueba del sistema: a nivel de simulación por ordenador, con maquetas y a pie de calle.
4. El algoritmo utilizado, además de adaptativo, también servirá para controlar no solo una intersección sino una red de intersecciones interconectadas. Es fundamental un diseño eficiente en este aspecto, sin que afecte a la correcta coordinación de las operaciones entre los componentes del sistema.
5. El sistema propuesto seguirá estrictamente los estándares de control de luces de tráfico (semáforos), por lo que su aplicabilidad está garantizada en un rango muy amplio.



4.5. Diagrama de flujo

Por último, véase el diagrama de flujo para resumir el funcionamiento del sistema:





5 Objetivos del proyecto

El proyecto realizado por Smart City Transport (SCT) tiene fijado como objetivo principal **la reducción del 15% de los tiempos de espera en intersecciones y la agilización del tráfico en la intersección de la Av. Tolosa con la calle Juan Olasagasti en el barrio Ibaeta en Donostia**. Para ello se va a buscar la implementación de un sistema de control de semáforos utilizando redes de sensores inalámbricos.

Asimismo, a partir de este y de manera consecuente, SCT se centrará en hacer de una ciudad un lugar donde la **minimización de las emisiones contaminantes** y la **apuesta por un transporte público eficaz** toman gran importancia.

Se ha de tener en cuenta que los porcentajes calculados en los objetivos varían en base a la ciudad en la que se implante el proyecto. Los números presentes en este documento están calculados en base a la ciudad de San Sebastián, en la cual hay cerca de 180.000 habitantes de los cuales la mitad disponen de vehículos.

5.1. Objetivos técnicos

SCT busca **desarrollar un sistema** formado por una red de sensores inalámbricos **eficaz e innovador**. Asimismo, se va a buscar una reducción de los costes de mantenimiento (sin desgaste) y averías frente a sistemas actualmente instalados. Como resultado se espera conseguir **una reducción del 15% en los costes de mantenimiento y reparación**.



5.2. Objetivos sociales

En cuanto al aspecto social, se pretende dotar a la ciudadanía de un transporte público más rápido. Destacamos que con este proyecto se conseguirán evitar o minimizar la duración de los atascos que se repiten diariamente en horas punta.

Este apartado afecta a todos los usuarios consiguiendo una **mejora en la calidad del trayecto urbano** dado que las situaciones de estrés están completamente ligadas a estas circunstancias.

Respecto a la cuantía en la mejora de la movilidad la intersección seleccionada responde a universitarios, trabajadores del barrio de Igara y vecinos del barrio de Lorea que verán **reducida en un 20% el tiempo de sus trayectos** al pasar por esta rotonda.

Con la implantación de este proyecto se favorecerá una circulación más fluida del transporte público, tanto el urbano como el interurbano. En la actualidad, son muchos los alumnos universitarios y trabajadores que pasan diariamente por esta glorieta, por lo que haciendo más atractiva la posibilidad de coger un autobús se estima que **se incrementará en un 10% la cantidad de usuarios que utilizan el transporte público** como forma de moverse diariamente.

5.2. Objetivos económicos

Una reducción de atascos implica una **mejor utilización del combustible** en un vehículo evitando el consumo de éste al estar parado. Dicho ahorro de consumo tiene un impacto económico en los usuarios de coches, autobuses,... Por lo que en términos económicos se busca un **ahorro del consumo urbano de combustible en un 10%**.

Gracias a la priorización del movimiento de autobuses en la intersección se conseguirá aumentar el número de usuarios de transporte público ya que dichos usuarios podrán ver que los trayectos realizados se verán reducidos en tiempo al pasar por la citada intersección.



5.3. Objetivos medioambientales

Tan importante como el consumo de combustible son las emisiones de gases contaminantes. La implantación de un sistema agilizado de semáforos en la glorieta de Ibaeta busca una **reducción superior al 5% de las emisiones de CO₂** actualmente generadas con el gran número de vehículos particulares parados debido a los atascos. Como consecuencia directa de la reducción de gases contaminantes se obtendrá una notable **mejora de la calidad del aire**, colocando a la ciudad que apuesta por esta tecnología en la cabeza de proyectos medioambientales europeos (Roadmap 2020).



5.4. Análisis de resultados:

Para analizar el éxito del proyecto se medirá lo que tarda un usuario en ir de la intersección entre la avenida Tolosa y la calle Lugaritz hasta la salida de la intersección de Ibaeta entre las 8.00-9.00 horas. Habrá cuatro tipos de medidas distintas, todas se realizarán en el mismo recorrido pero en diferentes situaciones:

- o Caso 1: Usuario utilizando el transporte público, antes de implantar el proyecto
- o Caso 2: Usuario utilizando un vehículo particular, antes de implantar el proyecto
- o Caso 3: Usuario utilizando el transporte público, posterior a la implantación del proyecto.
- o Caso 4: Usuario utilizando un vehículo particular, posterior a la implantación del proyecto.

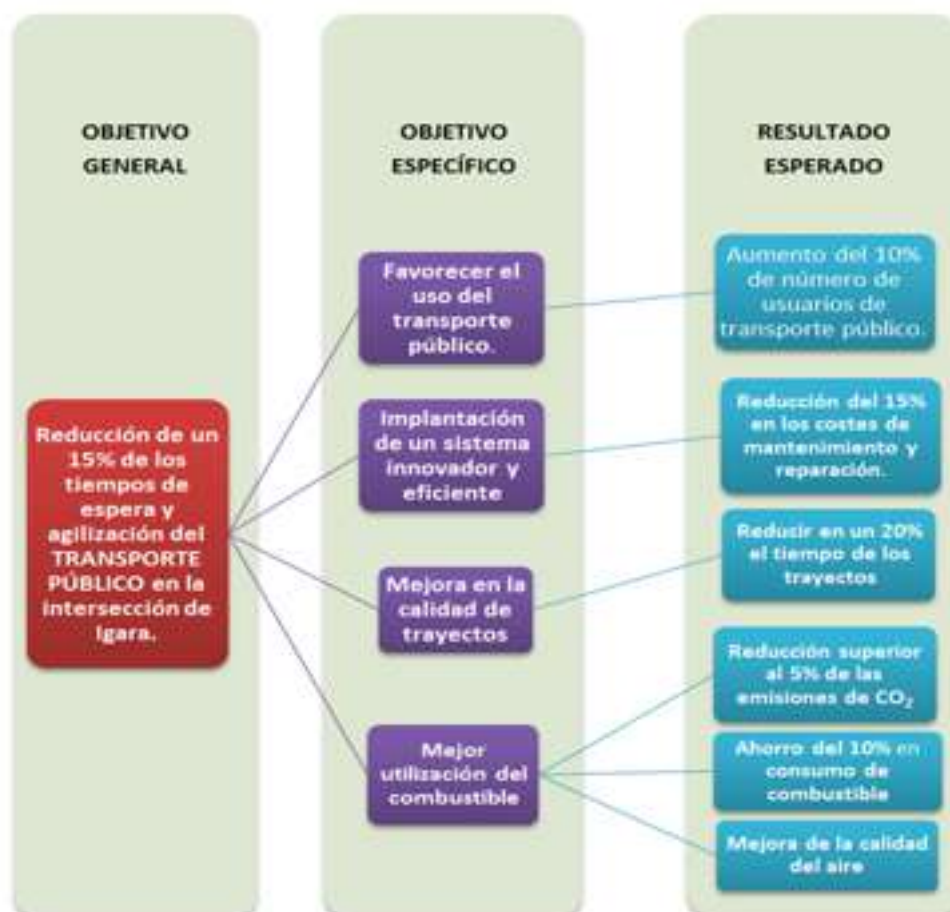


De cada uno de estos casos se tomarán cincuenta medidas de modo que se pueda calcular una media y se eviten variaciones debido a causas puntuales.

Por otro lado, se va a medir la longitud media de una retención en la entrada de la intersección en a través de la avenida Tolosa en sentido Norte para ver la agilidad del tráfico. Para ello se anotarán las longitudes de los atascos a las 9.00 am durante cincuenta días previos y posteriores a la implementación del proyecto.

Gracias a estas medidas se podrán comprobar si se han alcanzado los siguientes objetivos:

- Reducir en un 20% el tiempo de los trayectos
- Reducción superior al 5% de las emisiones de CO₂
- Ahorro del 10% en consumo de combustible





En cuanto a la verificación de los objetivos sociales, económicos y medio ambientales. Se pedirá dBus que facilite la información sobre la cuantía de clientes que han transitado de forma habitual en las líneas de autobús que atraviesan la intersección tanto antes como después de la implantación del proyecto. De esta forma se



podrá comprobar el aumento de pasajeros posterior a la implementación de la tecnología.

Asimismo, se realizarán diversas encuestas a lo largo de los 4 meses posteriores. Estas encuestas se harán de forma selectiva a un sector concreto de la ciudadanía como pueden ser los estudiantes que vienen tanto en coche como en transporte público. Los conductores o usuarios encuestados deberán transitar la intersección seleccionada con regularidad dentro de su rutina habitual. De este modo se podrá calcular el ahorro medio generado y la opinión de los ciudadanos.





6 Oportunidad real del proyecto

El concepto de ‘Smart Cities’ está tomando cada vez mayor relevancia en el presente. De acuerdo con analistas del Banco BBVA “las ciudades Europeas fueron construidas basándose en otros modelos, los cuales necesitan evolucionar para prevenir su propio colapso”.

El gran número de empresas dedicadas a la innovación de sistemas inteligentes para la gestión del tráfico y el transporte en el ámbito urbano, hacen que las exigencias competitivas del sector aumenten de forma considerable. Asimismo, la concesión de proyectos mediante concurso público incrementa la necesidad de SCT a incluir un valor añadido sobre sus proyectos.

Se ha detectado un gran potencial de mejora en los medios actuales de gestión del tráfico; ya que en términos de desarrollo, coste, mantenimiento y servicio técnico no son eficientes. Ejemplo de ello son los siguientes datos:

El coste de las congestiones en 75 áreas urbanas de EEUU en el año 2007 supuso 89,6 billones de dólares (PIB 2007 de USA 13.780 billones de dólares), 4,5 billones de horas de retraso y un exceso de combustible de 6,9 billones de galones. Lo cual, en cuestiones medioambientales, se reduce a un exceso de emisión de CO₂ de alrededor de 16.905 billones de galones. Se estima que el coste de las congestiones en 2007 en una ciudad norteamericana fue alrededor de 150 millones de dólares.



Se puede observar que el control del gasto por sí solo puede ser un argumento suficiente para poner en marcha un proyecto de este tipo. Sin embargo, SCT va más allá y también ve oportunidades técnicas y empresariales a la implantación de este sistema.

El desarrollo de tecnologías como Wireless Sensor Network (WSN) abre la puerta a la implementación de las mismas en centros de control de tráfico. Gracias al uso combinado de esta innovación junto con algoritmos que hasta ahora no se habían planteado por ausencia de medios, se obtendrá una notable mejora en la reducción de los tiempos de espera en intersecciones y agilización del tráfico en puntos congestionados de una ciudad. Colateralmente, permitirá reducir costes y ampliar la red de control más allá de las ciudades.

A día de hoy, cada vez son más los clientes que exigen y valoran todo tipo de acción en favor del medio ambiente. En el caso particular de las ciudades y gobiernos actuales, es fundamental cumplir con los cada vez más estrictos objetivos de esta índole. En la actualidad, los medios de transporte son la fuente del 33% del CO₂ expulsado a la atmósfera. El proyecto planteado por SCT ayudará a sufragar el problema, reduciendo los excesos de emisiones de gases generados en las congestiones.

El hecho de ser la primera empresa en ofrecer esta innovadora tecnología puede abrir un nicho de mercado donde se puede llegar a tener un alto impacto. La correcta instalación y óptimo funcionamiento del sistema puede situar a SCT a la cabeza del sector diferenciándose de la competencia y obteniendo beneficios considerables.

Además, el desarrollo del proyecto permitirá que la empresa evolucione de forma favorable, aumentando el número de trabajadores en plantilla. Lo cual facilitará futuras investigaciones en el sector.



SMART CITY TRANSPORT

innovating for the future

Garantizar un transporte público eficaz, el cual cumple los horarios de salida y llegada gracias a que este sistema da prioridad en las intersecciones a los autobuses frente a los coches, favorece a la ciudadanía a utilizar dichos medios. El fomento del transporte público es una prioridad que cada vez toma más relevancia en ciudades congestionadas.

En el caso concreto de San Sebastián cabe destacar los continuos atascos y largas filas de vehículos que se crean diariamente en la entrada al barrio Ibaeta a través de la autovía. Esta es una vía altamente transitada a primera hora de la mañana ya que es la entrada a las diversas facultades universitarias, centros escolares, polígonos industriales y demás centros de trabajo. Esos largos ratos de espera se crean debido a la ineficiencia del diseño de la actual intersección de la plaza Ibaeta. Por todo ello y a la gran e indiscutible oportunidad de mejora que podría obtener SCT ve una situación ideal para implantar su proyecto y.

Este proyecto puede lanzar a una ciudad como San Sebastián hacia un objetivo superior de ser Smart City en un futuro no tan lejano. La solución de optar por una ciudad inteligente ha demostrado el éxito en ciudades como Valencia con un uso de bicicletas públicas de un 40% y un 76,4% de los desplazamientos urbanos en medios sostenibles (bicicleta o transporte público).



SMART CITY TRANSPORT

innovating for the future

Bibliografía

Oportunidad real a la que responde:

<https://www.youtube.com/watch?v=i0zXOTKRmFc>

Estado del arte:

<http://www.ucsc.lk/BusNet>

<http://motherboard.vice.com/read/how-taxis-can-double-as-city-wide-traffic-sensors>

<http://www.flir.es/cs/display/?id=63825>

http://www.libelium.com/smart_parking/

http://ntl.bts.gov/lib/jpodocs/brochure/14321_files/a1019-tsc_digital_n3.pdf



SMART CITY TRANSPORT

innovating for the future



SMART CITY TRANSPORT

innovating for the future

CONTROL INTELIGENTE DEL TRÁFICO CON REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS

Entregable 2

Marzo 2015

Preparado para: Jose Mari Sarriegi, Supervisor

Preparado por: SMART CITY TRANSPORT



Contenido

| | |
|--|-----------|
| 7 Descripción de tareas | 1 |
| PAQUETE DE TRABAJO 1: ANÁLISIS INICIAL | |
| TAREA 1.1: ANÁLISIS DE FLUJOS DE LA INTERSECCIÓN | 3 |
| TAREA 1.2: ANÁLISIS DEL SISTEMA DE LA INTERSECCIÓN | 6 |
| TAREA 1.3: MODELADO MATEMÁTICO DE LA INTERSECCIÓN | 7 |
| TAREA 1.4: DISEÑO CONCEPTUAL | 8 |
| TAREA 1.5: PROGRAMACIÓN DEL ALGORITMO | 9 |
| TAREA 1.6: SIMULACIÓN POR ORDENADOR | 9 |
| TAREA 1.7: ACTIVIDAD COMERCIAL Y FINANCIERA | 10 |
| PAQUETE DE TRABAJO 2: DEFINICIÓN TÉCNICA DE ELEMENTOS | |
| TAREA 2.1: DEFINICIÓN DE NODOS | 2 |
| TAREA 2.2: DEFINICIÓN DE LA EB | 4 |
| TAREA 2.3: ESTUDIO E IMPLANTACIÓN DE LA ESTACIÓN BASE EN LA CCLT | 5 |
| PAQUETE DE TRABAJO 3: ENSAYO DE ELEMENTOS | |
| TAREA 3.1: ENSAYO DE NODOS | 9 |
| TAREA 3.2: ENSAYO DE LA EB Y CCLT | 12 |
| PAQUETE DE TRABAJO 5: PUESTA EN MARCHA | |
| TAREA 5.1: PRUEBAS SIN VEHÍCULOS | 19 |
| TAREA 5.2: PRUEBA REAL | 20 |
| TAREA 5.3: SEGUIMIENTO DE PUESTA EN MARCHA | 20 |
| TAREA 5.4: ANÁLISIS DE RESULTADOS | 21 |
| 8. Valor añadido de los desarrollos respecto al Estado del Arte | 23 |
| 9. Alcance e Impacto | 25 |
| CONTROL INTELIGENTE DEL TRÁFICO CON REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS | i |



9.0. RESUMEN DEL ALCANCE

9.1. ALCANCE

| | |
|---------------------------|----|
| 9.1.1 ALCANCE TECNOLÓGICO | 25 |
|---------------------------|----|

9.2. BENEFICIOS Y CONSECUENCIAS: IMPACTO

| | |
|------------------------------|----|
| 9.2.1. IMPACTO TECNOLÓGICO | 26 |
| 9.2.2 IMPACTO ECONÓMICO | 26 |
| 9.2.3 IMPACTO SOCIAL | 27 |
| 9.2.4 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL | 27 |

10. Presupuesto 28

| | |
|---|----|
| COMPRA DE ELEMENTOS | 28 |
| COSTES DE PERSONAL | 29 |
| COSTES DE SUBCONTRATACIÓN | 30 |
| CONSUMIBLES | 30 |
| DERECHOS DE PROPIEDAD INDUSTRIAL | 31 |
| GASTOS DE EXPLOTACIÓN | 31 |
| COSTES DE INSTRUMENTOS Y EQUIPOS | 32 |
| ESTIMACIÓN DEL COSTE DE LAS ACTIVIDADES | 32 |
| PRESUPUESTO FINAL DEL PROYECTO | 33 |
| JUSTIFICACIÓN DE LOS GASTOS | 33 |
| CONCLUSIONES | 38 |

Datos de contacto 42



7 Descripción de tareas

Como paso preliminar a definir las tareas, se presentará una vista general de las mismas a través de un sencillo Diagrama PERT. Nótese que se han agrupado en diferentes paquetes de trabajo, todos realizados en serie o cascada, con una referencia visual al tiempo que se espera dedicar a cada uno:





SMART CITY TRANSPORT

innovating for the future

PAQUETE DE TRABAJO 1: ANÁLISIS INICIAL

El objetivo de este paquete de trabajo será definir la situación inicial de la que se parte (enunciado del problema). Para ello, se cuentan con las siguientes 6 tareas:

- 1) Análisis de flujos de la intersección
- 2) Análisis del sistema de la intersección
- 3) Modelado matemático de la intersección
- 4) Diseño conceptual
- 5) Programación del algoritmo
- 6) Simulación por ordenador
- 7) Actividad comercial y financiera

Procédase a definir las una a una.



TAREA 1.1: ANÁLISIS DE FLUJOS DE LA INTERSECCIÓN

El objetivo es medir los flujos de tráfico para saber cuál es, en datos, la situación actual de la intersección y obtener el escenario a comparar con los resultados una vez implantado el proyecto.

Las sub-tareas serán las siguientes:

1.1.1. Elegir días y franjas horarias representativas para el análisis

El objetivo será enfocar el análisis a unos periodos en concreto para no tener que analizar todo el espectro de datos. La elección se hará de tal forma que se cubran las situaciones más conflictivas y representativas:

- 1) Día de fin de semana por la tarde
- 2) Día entre semana en hora punta
- 3) Día entre semana lloviendo en hora punta



Se elegirán por tanto tres días, con una franja horaria de tres horas para que a los técnicos les dé tiempo a ejecutar los análisis que se detallan a continuación.

Coste: 1h de planificación del coordinador

Duración: 1h

1.1.2. Medir el afluente y velocidad de coches y autobuses por cada uno de los carriles

En los horarios representativos elegidos, se medirá el afluente de coches por cada una de las entradas a la intersección en un intervalo de tiempo (flujo). Esto servirá para ver la ganancia del sistema una vez ejecutada la implantación, en términos de flujo de vehículos. También valdrá para realizar simulaciones por ordenador de la dinámica de la intersección.



SMART CITY TRANSPORT

innovating for the future

Para realizar esta tarea se contará con el dispositivo “TrafficCom”, un contador de coches barato y muy sencillo de utilizar (<http://trafficcom.org/>). Se trata de una carcasa donde se guardan los datos, conectados a un sensor en forma de cable que se coloca sobre el pavimento. Una vez recolectados los datos, se genera automáticamente una tabla Excel que se servirá para nuestro análisis:



Coste: 3 días de cuatro técnicos, tres horas por día + cuatro aparatos

Duración: 3 días, tres horas por día

1.1.3. Medir el número de coches acumulados tras un semáforo en varias secuencias

Para ello será necesario contar con personal que cuente, en uno de los semáforos y cada vez que este se pone en rojo, cuantos coches están formando cola. Puede hacerse carril tras carril, para que la tarea no resulte demasiado complicada.

El objetivo es medir la longitud media de una cola en la intersección, para ver luego la ganancia del sistema en este aspecto.

Se generará a partir de los datos una tabla Excel, que completará a la obtenida en la tarea anterior.

Coste: 3 días de un técnico, 1h por día

Duración: 3 días, 1h por día





1.1.4. Medir el tiempo medio de espera de un coche en la intersección

En las franjas horarias escogidas, se tomarán los tiempos que tardan coches aleatorios en cruzar la intersección. El objetivo, una vez más, es estudiar la ganancia del proyecto en términos de tiempo medio de espera.

Se generará a partir de los datos una tabla Excel, que completará a la obtenida en las tareas anteriores.

Coste: 3 días de un técnico, 1h por día

Duración: 3 días, 1h por día



1.1.5. Medir el tiempo que tarda en cruzar la intersección un autobús de línea

Para ello será necesario contar con personal que cronometre, en los periodos escogidos, lo que tarda un autobús de línea aleatorio en recorrer la intersección.

Este trabajo se realizará en paralelo con las mediciones anteriores, y lo hará el mismo técnico que la tarea anterior durante otra hora más, cubriendo así el cupo de tres horas de la franja horaria establecida por la tarea 1.1.

Se generará a partir de los datos una tabla Excel, que completará a la obtenida en las tareas anteriores.

Coste: 3 días de un técnico, 1h por día

Duración: 3 días, 1h por día





SMART CITY TRANSPORT
innovating for the future

1.1.6. Medir el afluente de personas a las líneas de autobuses que circulan por la intersección

Para ello se solicitará al cliente acceso a la base de datos de usuarios de transporte público, en las franjas horarias escogidas, para las líneas que circulan por esa intersección.

El coordinador se pondrá en contacto con el cliente, que a su vez facilitará acceso a la base de datos para que un técnico extraiga la información requerida.

El objetivo es medir la mejora en este aspecto tras la implantación del proyecto.

Coste: 1 hora del coordinador, 3 horas de un técnico

Duración: 4 horas



TAREA 1.2: ANÁLISIS DEL SISTEMA DE LA INTERSECCIÓN

El objetivo es contar con información acerca de las especificaciones técnicas del sistema de luces de tráfico y sus conexiones. Para ello, se pedirá esta información a nuestro cliente, que a su vez podría remitirnos a la empresa que instaló este sistema o nos permitirá examinarlo in-situ.





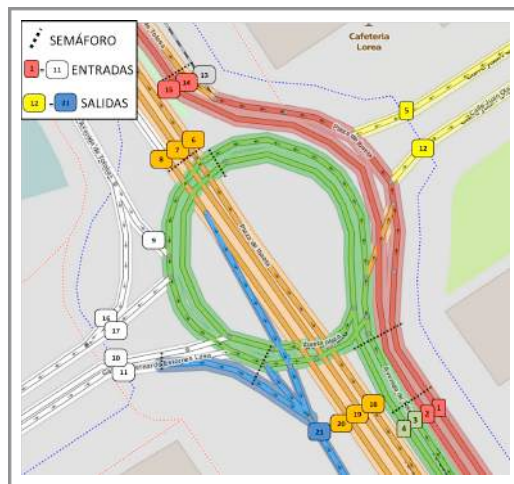
El coordinador se encargará de las gestiones con el cliente y el instalador, mientras que un técnico será el encargado de analizar la información y estudiarla.

Coste: 16 horas de un técnico, 3 horas del coordinador

Duración: 19 horas

TAREA 1.3: MODELADO MATEMÁTICO DE LA INTERSECCIÓN

El objetivo es traducir la intersección al lenguaje que entienda el algoritmo. Esto incluye: Definir factor 'N' (número de entradas), número de sensores a instalarse, tabla de la verdad de direcciones... y todos los demás factores necesarios para el funcionamiento del programa informático.



| | | SALIDAS | | | | | | | | | |
|----------|----|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| ENTRADAS | 1 | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | | |
| | 6 | | | | | | | | | | |
| | 7 | | | | | | | | | | |
| | 8 | | | | | | | | | | |
| | 9 | | | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | | | |
| | 11 | | | | | | | | | | |

Dos técnicos serán los encargados de hacer esta tarea. Tendrán que estar familiarizados con el algoritmo y sus variables a definir, así como tener una clara idea de cómo hacerlo funcionar.

Coste: 8 horas de dos técnicos

Duración: 8 horas



SMART CITY TRANSPORT

innovating for the future

TAREA 1.4: DISEÑO CONCEPTUAL

Una vez claro el modelado matemático de la intersección, se procederá a hacer su diseño conceptual en un plano: colocación de los sensores, EB y conexión con el sistema actual de alumbrado. Para ello, principalmente habrá que considerar los siguientes factores:

- Colocación posible de la EB en función de dónde se halla la CCLT
- Alcance y colocación de los sensores en función de dónde esté la EB



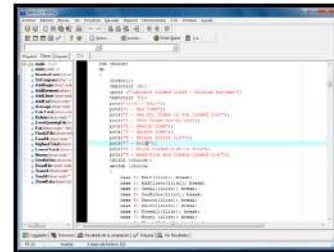
Coste: 4 horas de dos técnicos

Duración: 4 horas



TAREA 1.5: PROGRAMACIÓN DEL ALGORITMO

Una vez hecho el modelado y el plano conceptual de nuestra instalación, será hora de programar el algoritmo que utilizaremos. Se recurrirá a programarlo en lenguaje C++, de la mano de uno de los técnicos de SCT.



El trabajo no se hará desde cero, ya que nuestra compañía cuenta con un algoritmo genérico. Se trata, más bien, de pasar este algoritmo a lenguaje de C++ e introducir los datos del modelado para particularizarlo al caso que nos ocupa.

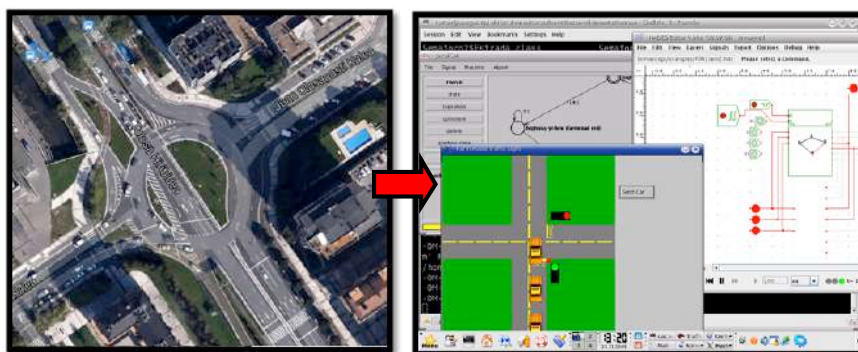
Recuérdese que el algoritmo incluye dos sub-algoritmos: el de captación de información y el de control de luces.

Coste: 72 horas de un técnico

Duración: 72 horas

TAREA 1.6: SIMULACIÓN POR ORDENADOR

Con los datos de afluencia de tráfico en nuestra intersección y el algoritmo preparado, nos vemos en disposición de ejecutar una simulación por ordenador. Esta simulación también se programará en lenguaje C++, incluyendo el algoritmo y una interfaz gráfica que habrá que desarrollar. Existen ya actualmente interfaces y software de ejemplo, como el que se muestra en la siguiente figura:



Coste: 72 horas de dos técnicos

Duración: 72 horas



TAREA 1.7: ACTIVIDAD COMERCIAL Y FINANCIERA

Para SCT es muy importante un contacto directo con el cliente ya que interesa que esté informado de los avances que se están haciendo cada semana. De igual manera la búsqueda de los mejores precios de los elementos a instalar es uno de los firmes objetivos comerciales y financieros.

Tarea 1.7.1. Reuniones periódicas con el cliente

El comercial tendrá que acudir a donde el cliente para repartir folletos informativos acerca de la empresa y a su vez saber el grado de desarrollo del proyecto. De esta manera el cliente será informado del plan de ejecución del proyecto y sabrá en todo momento en qué actividades se está trabajando. Habrá un trabajo previo a la reunión para preparar el contenido.

Coste: 10h comercial y 10h financiera

Duración: 10h repartidas en reuniones de 1h cada semana

Tarea 1.7.1. Búsqueda de proveedores

Tanto el comercial como la financiera tendrán que buscar los proveedores que mejor se adecuen a las necesidades de los técnicos. Una vez se elijan los mejores, se pondrán en contacto con ellos y si fuera necesario se realizaría alguna reunión con el departamento de ventas. Las negociaciones y los acuerdos de plazos se realizarán por teléfono o en las reuniones concertadas.

Coste: 5h comercial y 5h financiera

Duración: 10h



Descripción del Paquete de Trabajo 1

| | | | |
|------------------------------|------------------|-----------------|---------|
| Número de Paquete de Trabajo | 1 | Fecha de inicio | 1/06/15 |
| Título de Paquete de Trabajo | ANÁLISIS INICIAL | | |
| Tipo de Actividad* | RTD | | |

Objetivos

- 1. Definir la situación inicial del tráfico, para poder obtener la medida de la mejora
- 2. Diseñar conceptualmente nuestro sistema: elementos, conexiones, y su situación
- 3. Programar el algoritmo y comprobar que funciona

Descripción del trabajo:

- 1. Para definir la situación inicial del tráfico, se llevarán a cabo medidas tanto de los tiempos de espera como de los flujos de vehículos en diferentes momentos del día.
- 2. Para diseñar conceptualmente el sistema, se estudiará la tecnología presente en la intersección y se estudiará su integración con los componentes que propone SCT (sensores y microprocesador).
- 3. Para programar el algoritmo y comprobar que funciona, se modelará matemáticamente la intersección y se traducirá a lenguaje de programación dentro del algoritmo genérico con el que cuenta ya SCT.



Descripción del Paquete de Trabajo 1 (continuación)

Entregables

El entregable de la tarea recogerá los resultados de las siguientes tareas:

TAREA 1.1: Tabla EXCEL con los datos de flujos y tiempos de espera recogidos en cada sub-tarea. Servirá para graficar mejoras tras la implantación.

TAREA 1.2: Informe técnico con el data-sheet de cada uno de los componentes de la intersección, con fotos y un mapa general de su disposición actual. Servirá a la tarea 1.4: diseño conceptual del sistema.

TAREA 1.3: Informe resumido que contenga los siguientes datos y su justificación: tabla de la verdad de direcciones, número de sensores, flujos de entrada y salida de cada carril. Servirá para programar el algoritmo en la tarea 1.5.

TAREA 1.4: Foto de la intersección donde se refleje claramente la posición de los elementos a instalar. Detalle por escrito de cómo se realizarán las conexiones entre los elementos. Servirá para definir los elementos con exactitud en el PAQUETE DE TRABAJO 2.

TAREA 1.6: Informe de validación del algoritmo: aprobación de resultados de la simulación para situaciones relajadas, normales, y extremas. **Servirá al cliente a modo de prueba de que se tiene un programa que optimiza a tiempo real las luces de su intersección, con un sistema ya pre-diseñado.**





PAQUETE DE TRABAJO 2: DEFINICIÓN TÉCNICA DE ELEMENTOS

En este paquete de trabajo se definirá la parte técnica del sistema, para ello se definirán tres diferentes áreas: los nodos, la estación base y centro de control de luces de tráfico.

TAREA 2.1: DEFINICIÓN DE NODOS

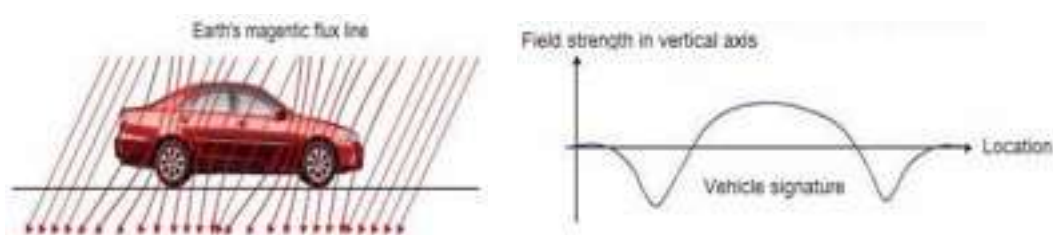
Uno de los objetivos del proyecto es que todo el sistema sea económicamente viable y el factor clave para esa viabilidad se encuentra en el coste de cada nodo. Por ello, se definirán los componentes adecuados para lograr ese objetivo sin dejar de lado la garantía de un funcionamiento correcto y duradero.

El nodo contará con cuatro componentes clave: el sensor, el módulo y la fuente de energía. A continuación se definirá cada componente en detalle.

TAREA 2.1.1: DEFINICIÓN DE SENSOR

La función del sensor dentro del nodo será detectar cuándo pasa un vehículo por encima. En el mercado existen diferentes tipos de sensores para esta aplicación, en este caso en concreto se necesitaban unos sensores sin contacto ya que los nodos van a estar enterrados bajo el asfalto. Por ello, se han elegido los sensores magnéticos.

La Tierra tiene un campo magnético que se extiende desde el núcleo interno de la Tierra hasta el límite en el que se encuentra con el viento solar. Es por eso que el sensor medirá la variación de las líneas de campo de la Tierra que genera el paso de un material ferromagnético (vehículo).





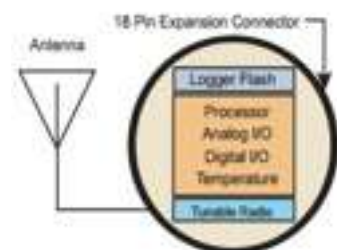
El sensor elegido para esta aplicación es el sensor Honeywell SM351LT. Un sensor compacto con la finalidad de obtener un nodo de tamaño reducido para una instalación más sencilla y que además es económico. La tabla de precios que se muestra a continuación varía según la cantidad de sensores que se vayan a comprar, para este proyecto en concreto se usarán unos 50 sensores por lo que cada sensor costaría 0.7452\$.

| Escala de precios | Precio unitario (\$) | Precio total (\$) |
|-------------------|----------------------|-------------------|
| 1 | 1.48000 | 1.48 |
| 10 | 0.91700 | 9.17 |
| 25 | 0.82000 | 20.50 |
| 50 | 0.74520 | 37.26 |
| 100 | 0.67050 | 67.05 |
| 250 | 0.62764 | 156.91 |
| 500 | 0.59278 | 296.39 |
| 1,000 | 0.55539 | 555.39 |



TAREA 2.1.2: DEFINICIÓN DEL MÓDULO

Una vez definida la detección del vehículo se dispone a enviar esa información a la estación base. Tras realizar una estimación de los componentes necesarios para el envío de datos se ve que se necesitan componentes como microcontroladores, osciladores, transistores, amplificadores, placa base... por lo que se decide optar por un modelo de emisión de datos inalámbrico comercial.



El modelo elegido es el MICA2DOT ya que cumple con los requerimientos de funcionalidad, tamaño y compatibilidad con estación base. El MICA2DOT es programable, esto es, es un dispositivo versátil para cualquier posible corrección en el algoritmo en un futuro.



TAREA 2.1.3: DEFINICIÓN DE BATERÍA

Es muy importante elegir bien una batería para el sistema de los nodos ya que éste último determina el buen funcionamiento y la vida del sensor sin mantenimiento. Tras analizar el mercado de baterías disponibles se dedujo rápidamente que había que usar baterías de litio en vez de las alcalinas convencionales porque ofrecen mejores características en todos los aspectos.

Teniendo en cuenta los requisitos anteriores se eligió la batería Tadiran Batteries TL-4903.



- Coste: 5.5\$

Costes: no hemos encontrado precio del módulo pero estimamos que serían alrededor de unos 20€ / nodo

Duración: 4 horas

TAREA 2.2: DEFINICIÓN DE LA EB

La estación base debe ser capaz de comunicarse con los nodos, generar la secuencia de luces óptima y enviar esa información a la CCLT.

Uno de los motivos de elegir el módulo MICA2DOT ha sido la compatibilidad que ofrece con la placa de radio de misma marca, MIB510CA. Una de las grandes ventajas de esta placa es que, aparte de ser compatible con el sistema de nodos, tiene una interfaz para poder programar todos los algoritmos deseados en ella y así reducir inclusión de más componentes en la EB. Las principales características de la placa son:



- Capacidad de comunicarse con los demás nodos.
- Capacidad de implementar un algoritmo para generar la secuencia de luces óptima.
- Puerto para la salida de información al CCLT

Duración: 2 horas

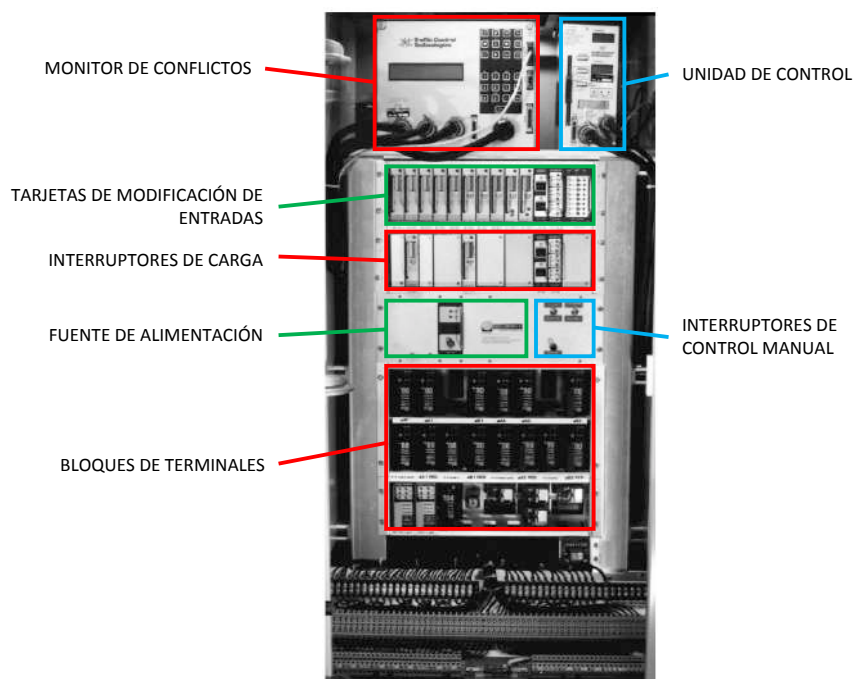


TAREA 2.3: ESTUDIO E IMPLANTACIÓN DE LA ESTACIÓN BASE EN LA CCLT

En primer lugar es necesario conocer el equipamiento genérico de una caja de control. La caja de control es un sistema complejo que está compuesto por varios componentes. Todos ellos permiten el control de la intersección y garantizan su seguridad en todo momento.

Todo el equipamiento del controlador de tráfico se monta en la caja de control. Esta caja, ya existente, tiene las dimensiones que se incluyen en la figura, 1.5m de altura, 1m de ancho y 0.4 m de fondo.

Como componentes principales a continuación se detallan varios de ellos:



Dado que el sistema de la estación base que se va a incluir no es de dimensiones muy grandes, es importante señalar que se va a colocar junto al monitor de conflictos, en la parte superior de la caja. Este lugar es adecuado ya que facilita la instalación al operario y además garantiza que las conexiones se realicen de manera rápida y sin modificar las conexiones actuales y la posición del cableado.

Duración: 3 horas



Descripción del Paquete de Trabajo 2

| | | | |
|------------------------------|---------------------------------|-----------------|----------|
| Número de Paquete de Trabajo | 2 | Fecha de inicio | 10/06/15 |
| Título de Paquete de Trabajo | DEFINICIÓN TÉCNICA DE ELEMENTOS | | |
| Tipo de Actividad* | RTD | | |

Objetivos

- Definición del sistema técnicamente:
- 1. Definir y diseñar los componentes de los nodos
- 2. Análisis del centro de control
- 3. Estudio e implantación de la estación base en la CCLT
- 4. Definir y diseñar la estación base

Descripción del trabajo:

- En este paquete se determinan los componentes más adecuados en las diferentes partes del sistema. Para ello se realiza un análisis del mercado existente para cada tipo de componentes y se escoge el componente que cumpla con las especificaciones del proyecto, tanto en términos económicos como en técnicos.
- Este trabajo requiere de un previo conocimiento del sistema existente en la intersección, ya que la elección de los componentes también tiene que ser compatible con dicho sistema.

Entregables



- El entregable de la tarea será una hoja técnica especificando detalladamente cada componente. En esta hoja se reunirán las características técnicas de los componentes y se adjuntará un resumen del coste para realizar la compra de los componentes posteriormente. También se incluirán las correspondientes justificaciones de la elección y posibles alternativas a los componentes elegidos.



PAQUETE DE TRABAJO 3: ENSAYO DE ELEMENTOS

El objetivo de este paquete de trabajo es establecer los pasos a seguir en los ensayos que se llevarán a cabo antes de la instalación de todos los elementos en la intersección. Para ello se comprobará el correcto funcionamiento de cada elemento individual como todo el conjunto a la vez. Este ensayo se realizará una vez recibidas el sensor (Honeywell SM351LT), el módulo (MICA2DOT) y la batería (Tadiran Batteries TL-4903), así como la estación base y el centro de control de las luces de tráfico.

El ensayo se realizará en el laboratorio de electricidad de la empresa de SCT. Los elementos que emplearemos son dos polímetros (para medir tensión y corriente) y un osciloscopio (para analizar que la tensión a la que alimentamos el sensor no sufre variaciones).



Para ciertos ensayos se emplearán LEDs por ser baratos y fáciles de usar a la vez de que resultan clarificadores en los ensayos. De igual manera, para garantizar un entorno de trabajo controlado se tendrá una estación meteorológica para comprobar la temperatura y la humedad relativa.



Todos estos elementos se considerarán herramientas de las cuales se disponen en la empresa, por lo que no se tendrá en cuenta su coste inicial en el presupuesto de este proyecto.



Para un correcto calentamiento de los elementos para su análisis térmico y su consecuente comportamiento se utilizará un calentador eléctrico. Para ello se utilizará un calentador basado en una resistencia eléctrica. Al pasar corriente eléctrica a través de la misma, por efecto Joule, esta se calienta proporcionando un flujo de calor constante.



En nuestro caso, necesitamos una temperatura superficial constante, por lo que para garantizar dicho requerimiento se usarán termopares como los que se pueden ver en la figura de a continuación (LabFacilities). Para leer los datos proporcionados necesitamos un lector de señal como el de la figura de la derecha (Termómetro Termopar 12 canales BTM4208SD).



El principio de funcionamiento de los mismos es muy sencillo: miden la diferencia de temperatura entre dos puntos donde hacen contacto. Nosotros emplearemos un recipiente con agua en ebullición a presión atmosférica para garantizar que su temperatura es de 100°C. A continuación se pondrá la resistencia eléctrica en contacto con el sensor o la batería (depende del ensayo).

Los termopares en contacto con agua en ebullición y con el elemento a ensayar darán una diferencia de temperatura en cada instante. Al tener en el sensor la temperatura deseada se desconectará el calentador y se probará el sensor o la batería a esa temperatura.



TAREA 3.1: ENSAYO DE NODOS

Los nodos son necesarios probarlos en varias etapas para garantizar su fiabilidad de fábrica; por ello se realizarán las siguientes sub-tareas:

Ensayo de los sensores en condiciones óptimas de funcionamiento

Para ello se comprobará primero que el sensor funciona alimentando dicho elemento con una fuente de tensión que sea capaz de dar una tensión cercana al valor nominal de la batería. Asimismo, se le hará pasar por delante del mismo un objeto metálico que simulará ser un vehículo y se comprobará el funcionamiento. De esta manera nos aseguraremos de que el sensor recibido está en buenas condiciones de trabajo.

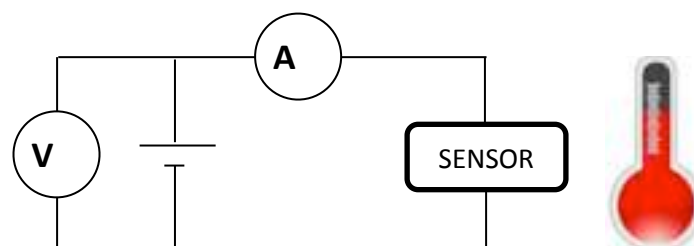
Cabe resaltar que el entorno donde se trabaje no podrá estar expuesto a radiación electromagnética para evitar que el ensayo se contamine con campos magnéticos externos y así realizarlo en condiciones nominales. De igual manera se tendrá un riguroso control de la temperatura del entorno y se medirá para asegurarse que está en la temperatura de funcionamiento que proporciona el fabricante en la hoja de características.

En el esquema eléctrico se pueden ver tanto los elementos de control (Voltímetro y amperímetro) como la fuente de tensión y los sensores a probar. La instalación en larga derivación hace que la caída de tensión que se mida corresponda al sensor y al amperímetro (que se despreciará por ser mínima).

La temperatura se controlará con la estación meteorológica del propio laboratorio.

COSTE: 3h por cada técnico

DURACIÓN: 3h





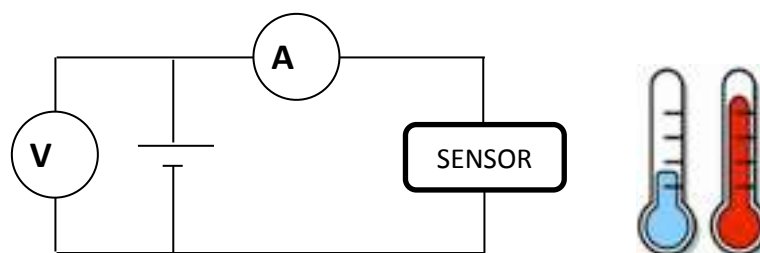
Ensayo de los sensores con condiciones extremas garantizadas por el fabricante

A su vez se comprobará que el sensor puede funcionar con valores un 2% superiores e inferiores ya que la batería que se emplea es susceptible a la temperatura; es decir, con este ensayo podremos asegurarnos de que el sensor responderá correctamente a una fluctuación de la curva de la tensión que en la realidad vendrá de la batería.

La regulación de la temperatura se efectuará aplicando calor al sensor mediante un calentador eléctrico tal como se ha explicado anteriormente.

COSTE: 2h por cada técnico y 5% sensores que se estiman no aguantarán las condiciones

DURACIÓN: 2h



Ensayo del módulo

En este caso probaremos el módulo de forma análoga a los sensores, es decir, gracias a una fuente tensión externa. Además se comprobará que su conectividad es la idónea con el osciloscopio. Gracias al osciloscopio podremos ver y medir la señal de Wi-fi que está mandando en cada momento el módulo. Asimismo, podremos medir la potencia emisiva de la señal gracias a la frecuencia medida en el osciloscopio.

COSTE: 2h por cada técnico

DURACIÓN: 2h

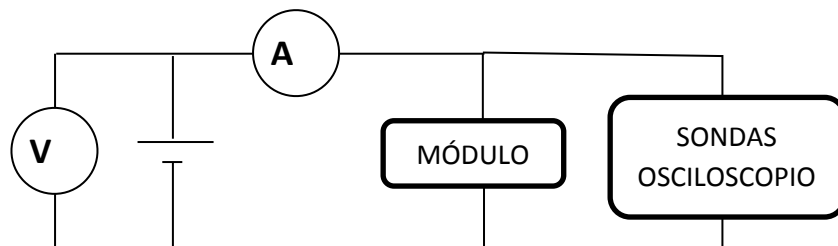


Ensayo de la batería a temperatura ambiente

Una vez más recurriremos a un esquema eléctrico análogo a los dos casos anteriores. En este caso se omitirá la fuente de tensión y se medirá la tensión que tenemos entre bornes del diodo.

COSTE: 2h por cada técnico

DURACIÓN: 2h



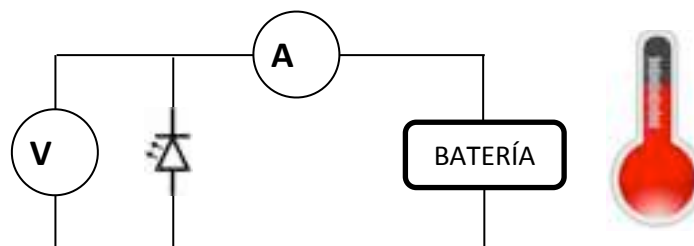
Ensayo de la batería a temperatura 10 grados superior e inferior a la nominal

Con este ensayo se busca el rango de funcionamiento de la batería saliéndose de los límites de funcionamiento óptimo. En días calurosos con mucho tráfico se pueden alcanzar alrededor de 50°C en el asfalto, por lo que resulta conveniente conocer el comportamiento de la batería bajo condiciones extremas.

Las conexiones necesarias son iguales a la tarea anterior pero ahora introduciremos una resistencia externa que proporcione un flujo de calor manteniendo la batería a temperatura constante (aproximadamente).

COSTE: 2h por cada técnico

DURACIÓN: 2h

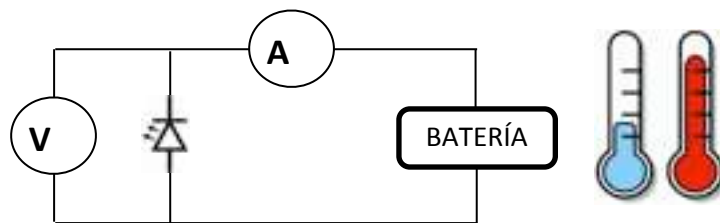




TAREA 3.2: ENSAYO DE LA EB y CCLT

Para comprobar el funcionamiento de la estación base necesitamos en primer lugar que los resultados de los nodos hayan sido satisfactorios. Una vez comprobado esto podremos conectar el nodo (sensor + módulo + batería) a la estación base (EB).

Al conectar el nodo con la EB necesitamos asegurarnos de que la señal emitida y recibida de cada sensor es correcta, para lo que necesitamos tener un algoritmo instalado en la caja de control de la luces de tráfico (CCLT).



Comprobación previa de EB y CCLT

Los técnicos tendrán que comprobar que el fabricante ha enviado todos los elementos necesarios y que ninguna conexión de la placa base resulta defectuosa. Antes de realizar el ensayo con los tres componentes principales es imprescindible garantizar el correcto estado de todos los elementos.

COSTE: 30min de cada técnico.

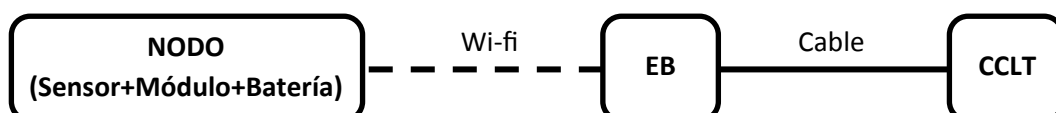
DURACIÓN: 30min

Conectar nodo con EB y CCLT

Para la realización de esta tarea necesitaremos un cable conductor para la conexión de la EB con la CCLT. Se empleará un cable que asegure la emisión y recepción de la señal de datos.

COSTE: 1h de cada técnico.

DURACIÓN: 1h





Ensayo de un único nodo con EB y CCLT

El objetivo de esta tarea es comprobar que un nodo se conecta correctamente con la EB y que esta es capaz de mandar la señal a la CCLT. A su vez, con un algoritmo más simple que el que se utilizará en el proyecto la CCLT tendrá que procesar la señal, aplicar el algoritmo y mandar una nueva señal a la EB que se encargará de hacer encender o apagar los LEDs de la instalación.

Al tener los nodos ya preparados del ensayo anterior los técnicos podrán ahorrarse la tarea de volver a instalar el sensor, el módulo y la batería.

COSTE: 3h de cada técnico.

DURACIÓN: 3h

Ensayo de 5 nodos con EB y CCLT

Esta última tarea agrupa todos los elementos que necesitaremos en el proyecto y, en consecuencia, será la prueba del sistema antes de su instalación en la ciudad. Técnicamente es una ampliación a la tarea anterior pero que resulta una prueba importante porque será la primera vez que se ejecute el algoritmo con elementos reales.

COSTE: 5h de cada técnico.

DURACIÓN: 5h



Descripción del Paquete de Trabajo 3

| | | | |
|------------------------------|---------------------|-----------------|----------|
| Número de Paquete de Trabajo | 3 | Fecha de inicio | 15/06/15 |
| Título de Paquete de Trabajo | ENSAYO DE ELEMENTOS | | |
| Tipo de Actividad* | DEM | | |

Objetivos

- 1. Comprobar el correcto funcionamiento de los componentes recibidos
- 2. Comprobar que el sistema en conjunto funciona sin problemas

Descripción del trabajo:

- Se realizarán varios ensayos para someter a los componentes a diferentes condiciones de funcionamiento. De esta forma, se podrá saber si los elementos recibidos cumplen con las características que dice el fabricante y se podrá garantizar su buen funcionamiento. También habrá pruebas en condiciones extremas para garantizar la fiabilidad y calidad de los elementos instalados.

Entregables



Después de cada ensayo se realizará un informe detallado de los resultados. Si ha habido algún elemento que ha fallado se anotará bajo qué condiciones se ha dado la avería.

En caso de que algún elemento no cumpla con las especificaciones del fabricante se le hará notificar y se pedirá una nueva garantía de los productos comprados.



PAQUETE DE TRABAJO 4: INSTALACIÓN

En el proceso de implantación de los dispositivos se van a instalar un total de 58 nodos y una EB. En cuanto a la CCLT, no va a ser necesario ningún tipo de instalación ya que se va a seguir utilizando la misma que dispone la intersección en la actualidad.

Para poder llevar a cabo la instalación se va a subcontratar la mano de obra a una tercera empresa. Se solicitarán diversos presupuestos y se valorarán para escoger la mejor opción.

TAREA 4.1: INSTALACIÓN DE LOS NODOS

Como se ha descrito anteriormente, los nodos irán colocados en el centro de cada carril con una distancia de 15 metros entre ellos y al mismo nivel que el resto del asfalto. Por lo que para su instalación va a ser necesario cavar pequeños hoyos en la calzada.

Cada nodo tiene una vida media quince años, lo cual supone que con el paso del tiempo habrá que repararlos o reemplazarlos. Para facilitar la tarea del operario y ahorrar costes de mantenimiento los nodos no irán colocados directamente sobre el asfalto. Previamente, se colocará una placa de acero inoxidable y se fijará en el suelo mediante cemento. Los nodos serán previamente ensamblados y se introducirán como una sola pieza.





Para llevar a cabo estas labores en el asfalto, se va a tener que restringir la circulación en el área de trabajo. Teniendo en cuenta la circulación del tráfico actual, estos trabajos se realizarán una vez transcurridas las grandes aglomeraciones de vehículos que son habituales a primera hora de la mañana.

Durante el proceso de obras, con el objetivo de posibilitar la circulación, evitar posibles atascos y asegurar la seguridad de los operarios no se trabajara en varios carriles simultáneamente. Es decir, hasta no tener finalizada la instalación de todos los nodos de un mismo carril no se procederá a ejecutar las obras en los carriles contiguos.

Finalmente, se hará una inspección del trabajo realizado para evitar posibles imperfecciones y asegurar un buen acabado de la instalación. Esta se llevará a cabo el tercer día, una vez colocados todos los nodos en sus correspondientes ubicaciones.

Duración: 3h.

Coste: subcontratación de trabajadores a Asfalta S.L. 19h

TAREA 4.2: INSTALACIÓN DE LA EB Y CONEXIONES CON LA CCLT

El objetivo de esta tarea es la instalación de la Estación Base. Teniendo en cuenta su reducido tamaño, la necesidad de resguardarla del temporal y que debe de estar situada en una zona de fácil acceso para posibles controles de un técnico, se ha optado por colocarla dentro de la CCLT.

Gracias a ello se simplifica considerablemente su proceso de instalación. Esta se basará en situar la EB en el lugar idóneo dentro de la CCLT para asegurar la buena conexión entre ambas y asimismo la buena conexión con los nodos. Un técnico de Smart City Transport será el encargado de realizar esta tarea.

Duración de la instalación: 1h, por un técnico



TAREA 4.3: CONEXIONES CON LA CCLT Y NODOS

La conexión entre los nodos y la EB se hacen mediante una red WIFI. La EB dispone de un receptor y los nodos tienen la capacidad de emisión, por lo que una vez instalados los componentes automáticamente se realiza la conexión entre ellos.

Con el objetivo de obtener una segura y eficaz conexión entre la EB y la CCLT se utilizará un conector de alta velocidad Thunderbolt y un cable USB 3.0. Teniendo en cuenta que la EB está situada dentro de la CCLT no se requiere ningún tipo de obra de instalación. Los cables deberán tener 1 metro de longitud. Esta tarea se realizará en el momento que se instale la EB en la CCLT.

Todas las instalaciones realizadas serán supervisadas por un técnico.

Duración: 4 horas de un técnico



Descripción del Paquete de Trabajo 4

| | | | |
|------------------------------|-------------|-----------------|----------|
| Número de Paquete de Trabajo | 4 | Fecha de inicio | 17/06/15 |
| Título de Paquete de Trabajo | INSTALACIÓN | | |
| Tipo de Actividad* | OTRA | | |

Objetivos

- 1. Correcta instalación de los nodos, EB y las conexiones con la CCLT

Descripción del trabajo:

- Se subcontratará a una empresa externa para que realice las labores sobre el asfalto.
- Los técnicos de SCT serán los responsables de dicha supervisión.
- Asimismo, los técnicos de la empresa se encargarán de asegurar la correcta instalación de la EB y de las conexiones con la CCLT.

Entregables



- Todas las instalaciones realizadas serán supervisadas de modo que una vez este todo finalizado se entregará un certificado en el cual se acredite la validez y el correcto funcionamiento de todas las instalaciones.



PAQUETE DE TRABAJO 5: PUESTA EN MARCHA

Una vez se han instalado todos los sistemas, es necesario disponer de un procedimiento para la puesta en marcha y correcto funcionamiento de dichos sistemas.

TAREA 5.1: PRUEBAS SIN VEHÍCULOS

En primer lugar es necesario verificar el correcto funcionamiento del sistema, tanto de los sensores, que son la parte fundamental de las mediciones, como de los sistemas de control de datos y transmisión de datos. Esta parte de la puesta en marcha se realiza sin tener en cuenta los vehículos.

Se comprueba que la transmisión de los datos se realice correctamente. Esto incluye el envío y recepción de datos tanto desde la caja de control, como desde la estación base y por supuesto desde los nodos.

También será necesario realizar un estudio de la señal medida por el sensor. Esto es relevante dado que se tiene que comprobar que la señal es adecuada para los algoritmos que se han implementado. Lo que se consigue con este hecho es mejorar los algoritmos. Al final, la actuación de ciertas instrucciones que poseen los algoritmos depende de la forma de la señal, es decir, del voltaje que capte en un momento determinado.

Por supuesto, y aún más importante será la coordinación de los datos entre nodos, ya que está es la manera en la que se van a tomar la mayoría de las decisiones del control de la intersección. Nunca haciendo caso únicamente a la señal de un nodo, sino a la conjunción de todos. Es por ello que se insiste tanto en el estudio de estas señales.

Duración del estudio: 8h de un técnico



TAREA 5.2: PRUEBA REAL

Una vez se han comprobado que todos los sensores funcionan correctamente, se pone en marcha el sistema en su totalidad. Sin embargo, la aplicación del sistema no es repentina, sino que progresivamente se empieza a controlar la intersección.

En un periodo de prueba de arranque, se programan varios algoritmos sencillos que no permitan ningún tipo de descontrol de la intersección. Los algoritmos finales que se implementarán serán mucho más complejos, y es por ello que se comienza primero con unos sencillos. Estos algoritmos sencillos se centrarían únicamente en uno de los cruces de la intersección, de manera que se puede ir simulando el sistema por bloques.

Una vez el sistema ha pasado este periodo de pruebas de arranque, se implementan los algoritmos finales y se verificaría el correcto funcionamiento del sistema.

Duración del estudio: 8h de un técnico

TAREA 5.3: SEGUIMIENTO DE PUESTA EN MARCHA

La instalación de los nodos y la estación base ha sido diseñada para que no se requieran constantes revisiones y mantenimiento del sistema. No obstante, tras la implementación de los algoritmos, es fundamental realizar un seguimiento periódico, al menos durante uno o dos meses.

En estas revisiones iniciales sería necesario revisar el estado de todos los nodos, para asegurarse de que no han sufrido las inclemencias de la meteorología y que siguen funcionando correctamente.

Duración del estudio: 4 h cada dos semanas durante un mes y medio de un técnico



TAREA 5.4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Dado que previa instalación del control se realizaron diversos estudios a la intersección, es fundamental comparar dichos datos con los que se obtienen actualmente.

Por tanto, realizando los mismos estudios se podrán comparar datos como:

- El afluente y la velocidad de los vehículos, tanto turismos como autobuses, en cada uno de los carriles.
- El número de coches acumulados tras un semáforo.
- El tiempo medio de espera de un coche en la intersección
- El tiempo que tarda en cruzar la intersección un autobús de línea.
- La satisfacción de los usuarios de la intersección por medio de encuestas.

Duración del estudio: 24h de los dos técnicos



Descripción del Paquete de Trabajo 5

| | | | |
|------------------------------|------------------|-----------------|----------|
| Número de Paquete de Trabajo | 5 | Fecha de inicio | 26/06/15 |
| Título de Paquete de Trabajo | PUESTA EN MARCHA | | |
| Tipo de Actividad* | SUPP | | |

Objetivos

- 1. Disponer de un procedimiento para la puesta en marcha y correcto funcionamiento de todos los sistemas.
- 2. Verificar el correcto funcionamiento del sistema, tanto de los sensores como de los sistemas de control de datos y transmisión de datos.

Descripción del trabajo:

- Se realizarán pruebas del sistema sin tener en cuenta el paso de los vehículos. Se comprobará que la transmisión de los datos se realiza correctamente y también se realizará un estudio de la señal medida por el sensor, para corroborar que la coordinación de los datos entre nodos es la correcta.
- Se establecerá un periodo de prueba de arranque del sistema, implementando algoritmos sencillos en primer lugar y incrementando la complejidad de los mismos, siempre y cuando se compruebe que el sistema se comporta correctamente en todos los casos.
- Por otro lado será necesario realizar un seguimiento del sistema y de sus componentes, con revisiones periódicas.
- Por último se analizarán los resultados de ciertos estudios, para comparar el impacto del sistema sobre el estado inicial de la intersección.

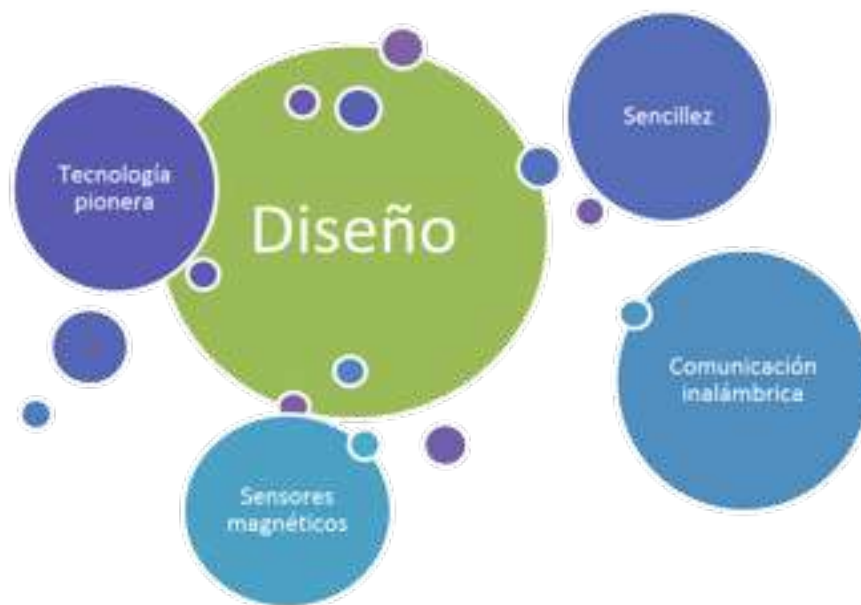
Entregables



En esta tarea se hará un informe recopilando todos los resultados que se han obtenido para verificar el cumplimiento de los objetivos propuestos en el planteamiento del proyecto. También se incluirán informes intermedios que verifiquen que este trabajo cumple con los tiempos y tareas establecidas.



8. VALOR AÑADIDO DE LOS DESARROLLOS RESPECTO AL ESTADO DEL ARTE



Tras definir el sistema control de luces inteligente en este apartado se plantearán los diferentes campos en los que se han mejorado las tecnologías usadas hasta ahora.

Uno de los puntos más importantes del sistema es su sencillez de instalación y uso. Gracias al diseño compacto de los nodos y un buen sistema de comunicación entre los nodos y la estación base se ha conseguido un sistema sencillo de instalar.

Además, SCT está muy satisfecho con el algoritmo de gestión de tráfico que ha diseñado ya que a parte de los buenos resultados que se esperan no hay que olvidar que es un algoritmo puramente programado en SCT, por lo que es una tecnología pionera en gestión de tráfico ya que los sistemas de control que se han desarrollado hasta ahora no ofrecen la eficacia y durabilidad que ofrece esta tecnología al usar sensores magnéticos y unos componentes resistentes al paso del tiempo y al tránsito de vehículos.



Tampoco hay que olvidar que el algoritmo ofrece una solución óptima para cada situación, esto es, ejecuta una secuencia óptima en tiempo real y adaptado al tráfico en cada momento.

El valor añadido de este sistema es que además de mejorar el flujo de tráfico da prioridad al transporte público haciendo que éstos tengan unas preferencias frente a los vehículos convencionales. Con esto se consigue fomentar el uso del transporte público con el fin de cumplir uno de los objetivos propuestos para este proyecto.

El potencial de esta tecnología es que aunque por ahora se haya implementado en un único cruce el algoritmo tiene la capacidad de soportar una red de cruces y así optimizar aún más el tráfico gracias al control de más luces tráfico y a la cantidad de información obtenida desde los nodos.

Como se ha comentado anteriormente el sistema utilizado es sencillo de instalar. Gran parte de la sencillez de instalación del sistema se basa en que la instalación de cada nodo es independiente de cualquier otro elemento del sistema ya que toda la interacción con el sistema se hace inalámbricamente.

Otro apartado que SCT se siente orgulloso es la parte del diseño de los sensores. Tal y como se analizó en el estado del arte se vio que la mayoría de los sistemas implantados hasta ahora se iban deteriorando excesivamente con el paso del tiempo y flujo de vehículos, es ahí donde SCT incorpora los nodos con sensores magnéticos evitando el contacto directo con los vehículos para garantizar una vida útil superior a las tecnologías implantadas actualmente.

En conclusión, SCT ha hecho un gran hincapié en el diseño de los componentes ya que se piensa que un buen diseño de los componentes es la clave para un mejor funcionamiento, vida útil y mantenimiento del sistema.



9. ALCANCE E IMPACTO

9.0. Resumen del alcance

El alcance de este proyecto será el siguiente: **llegar hasta el final en la implantación del sistema que se propone para nuestro cliente, y comprobar que es plenamente operativo**. Esto conlleva llevar a cabo todas las tareas, desde el análisis y modelado de la intersección hasta la puesta en marcha de la tecnología y el análisis de sus resultados.

9.1. Alcance

9.1.1 Alcance tecnológico

El alcance de este proyecto es puramente técnico, al no ser nuestro cliente parte del sector industrial. Este alcance, como se citaba anteriormente, pasa por concluir todas las tareas y acabar comprobando que la tecnología es operativa.

El alcance del proyecto no incluirá, sin embargo, la operación del sistema una vez terminada su implantación. No ha de confundirse el paquete de trabajo 5 con un seguimiento constante de la operatividad del sistema, sino un periodo de tiempo razonable para asegurar que todo funciona correctamente en estado estacionario.

El mantenimiento también corre a cuenta del cliente, para lo que se dejará redactado un manual y un teléfono de contacto del servicio técnico de SCT en caso de haber problemas.



9.2. Beneficios y Consecuencias: Impacto

9.2.1. Impacto tecnológico

En cuanto al impacto con respecto al sector en general, este proyecto puede demostrar cuán de beneficioso es aplicar la algoritmia moderna y los sistemas de sensorización inalámbricos para el control del tráfico.

Podrían desarrollarse nuevos sistemas de control basados en esta idea, que en vez de controlar intersecciones controlen otro tipo de zonas dentro del tráfico, como una compleja red de semáforos en el centro de una ciudad.

Además de esto, la consecución exitosa de nuestro proyecto daría pie a seguir implantando sistemas similares en otras intersecciones de San Sebastián, llegando a una red interconectada de intersecciones y sacando plena ventaja a la capacidad de nuestro algoritmo (ver apartado 7: “Ventajas con respecto al estado del arte”).

9.2.2 Impacto económico

El impacto económico es evidente en la cuenta de los usuarios de la intersección, ya que el gasto en gasolina se reduce notablemente. Concretamente, se estima una reducción en el consumo de gasolina en el paso por esta intersección de un 10%. Esta estimación está realizada basada en que la reducción esperada del 10% en el tiempo de espera de la intersección, traducida a consumo de gasolina con el coche parado.

Además de esto, también podría señalarse que de incentivarse con éxito el transporte público, también habría un impacto directo en las cuentas de nuestro cliente al haber más personas pagando por utilizarlo.



9.2.3 Impacto social

El impacto social vendría de la mano de la reducción en los tiempos de espera de la intersección, que mejoraría notablemente la calidad de los viajes de los usuarios (especialmente los de transporte público). Esta reducción se estima en un 20%, basándose en los resultados obtenidos por la optimización de secuencias de semáforos realizadas en otras partes del mundo.

Además, el implantar este proyecto demostraría el compromiso social de nuestro cliente con los ciudadanos, reforzando su imagen y siendo una lanza apuesta ganada a favor del progreso por medio de la innovación.

9.2.4 Impacto medioambiental

El impacto medioambiental vendría de la mejora de la calidad del aire, habiéndose reducido las emisiones de CO₂ en la intersección. En datos concretos, se espera una reducción de este gas en un 10%, proporcional a la reducción del consumo de gasolina con el coche parado.

Indirectamente, también se está reduciendo CO₂ incentivando el transporte público, por lo que el impacto se ve claramente multiplicado. El aumento en los usuarios esperado es del 10%, una cifra conservadora si se tiene en cuenta que los tiempos de espera de los autobuses en hora punta bajarán notablemente en las líneas involucradas.

- Nótese que todos los impactos coinciden con los objetivos ya citados en el apartado 3 del Proyecto: “Objetivos Del Proyecto”.



10. Presupuesto

En el apartado de presupuesto se van a detallar los costes que ha tenido el proyecto desde su redacción hasta la completa ejecución del mismo. Para evitar un control desmesurado y tener una explicación clara de todos los gastos, el cliente podrá encontrar una justificación de todas las partidas del presupuesto.

| | |
|-----|---------------------------------|
| WP1 | ANÁLISIS INICIAL |
| WP2 | DEFINICIÓN TÉCNICA DE ELEMENTOS |
| WP3 | ENSAYO DE ELEMENTOS |
| WP4 | INSTALACIÓN |
| WP5 | PUESTA EN MARCHA |

Con objeto de facilitar la descripción de los paquetes de trabajo se definirán de la siguiente manera:

COMPRA DE ELEMENTOS

En el paquete de trabajo 1 (Tarea 1.4) se decide el número de elementos que se necesitan y en el paquete de trabajo 2 se definen cuáles van a ser los proveedores. De esta forma se llega al coste de los elementos base de los que se va a surtir el sistema completo.

| 0. COMPRA DE ELEMENTOS | | | |
|-------------------------------------|----------|----------|------------|
| | €/unidad | unidades | total |
| NODOS | 20,10 € | 65 | 1.306,50 € |
| SENSORES | 0,75 € | | |
| MÓDULO | 13,85 € | | |
| BATERÍA | 5,50 € | | |
| ESTACIÓN BASE | 15,00 € | 1 | 15,00 € |
| CAJA DE CONTROL DE LUCES DE TRÁFICO | 10,00 € | 1 | 10,00 € |
| TOTAL | | | 1.331,50 € |



COSTES DE PERSONAL

El perfil de los trabajadores de SCT supone un coste por hora para la empresa, tal como se puede ver a continuación:

| | | |
|-------------|-----|-----|
| TÉCNICO 1 | 80 | €/h |
| TÉCNICO 2 | 80 | €/h |
| COMERCIAL | 60 | €/h |
| FINANCIERA | 50 | €/h |
| COORDINADOR | 100 | €/h |

A continuación se describen las horas empleadas por cada empleado en cada tarea y se puede calcular el coste de personal que va a suponer el proyecto:

Es importante remarcar que un alto valor tecnológico implica un coste de personal alto, ya que la cualificación de los técnicos es excelente así como el del comercial y la financiera.

1. COSTES DE PERSONAL

| | WP1 | WP2 | WP3 | WP4 | WP5 | TOTAL h | TOTAL € |
|-------------|-----|-----|------|-----|-----|---------|---------|
| TÉCNICO 1 | 50 | 5 | 17,5 | 4 | 36 | 112,5 | 9000 |
| TÉCNICO 2 | 50 | 5 | 17,5 | 4 | 36 | 112,5 | 9000 |
| COMERCIAL | 20 | 5 | 0 | 0 | 0 | 25 | 1500 |
| FINANCIERA | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 1000 |
| COORDINADOR | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 25 | 2500 |
| TOTAL h | 145 | 20 | 40 | 13 | 77 | | |



COSTES DE SUBCONTRATACIÓN

La instalación de los nodos, la estación base y la caja de control supone una subcontratación directa a una empresa con dispositivos y maquinaria adecuada. Para que el cliente pueda comprobar las diferentes ofertas que se han buscado se detalla a continuación la siguiente tabla:

2. COSTES DE SUBCONTRATACIÓN

| OFERTAS DE SUBCONTRATACIÓN | | | | | |
|----------------------------|-------------|-------------------------------|---------------|-----------------|-------------------|
| | €/h persona | Alquiler de maquinaria €/h | Horas Totales | Nº de Operarios | Presupuesto Total |
| ASFALTIA S.L. | 15 | 35 | 19 | 2 | 1235 |
| STRADE SRL | 18 | 40 | 20 | 2 | 1520 |
| AGLOMERADO NUMANCIA S.L. | 18,5 | 54 | 15 | 2 | 1365 |

Tras contactar con las tres empresas, se decide optar por la opción más económica (señalada en verde) pero no por ello la peor. La financiera se ha encargado de comprobar la fiabilidad y los plazos de pago de dicha empresa para que el cliente no padezca contratiempos y adjudicaciones ilícitas.

La subcontratación corresponde a la tarea de instalación de los elementos, concretamente, al paquete de trabajo 4.

CONSUMIBLES

Aunque no resulte una cantidad sumamente alta de coste, es imprescindible para el personal de SCT el uso de elementos para diseños, entregas, ensayos,... para la ejecución del proyecto. Es por ello, que este gasto se hará a lo largo de todo el proyecto, sin centrarse en una tarea o paquete de trabajo en concreto.

3. CONSUMIBLES

| | Total |
|------------------|-------|
| Pack 15 LEDs | 2 € |
| Material oficina | 75 € |



DERECHOS DE PROPIEDAD INDUSTRIAL

Para la correcta programación de un algoritmo se requiere un lenguaje de programación y un software que sea capaz de leerlo. Para ello se emplea el fabricante de software más expandido como es Microsoft.

4.DERECHOS DE PROPIEDAD INDUSTRIAL

| | €/unidad | Total |
|----------------------------|----------|-------|
| LICENCIA Visual Basic 2013 | 647 | 1294 |

Estas licencias se usarán en el paquete de trabajo inicial; es decir, en la parte de programación del algoritmo.

GASTOS DE EXPLOTACIÓN

A continuación se detallan los gastos relacionados con los gastos más comerciales. Esto corresponde al paquete de trabajo 1, a la actividad comercial y financiera.

5. GASTOS DE EXPLOTACIÓN

| | Cantidad | €/unidad | Total |
|---------------------------|----------|----------|-------|
| Folletos informativos | 50 | 1 € | 50 € |
| Desarrollo página web | | | 400 € |
| Posicionamiento web | | | 300 € |
| Redes sociales - LinkedIn | | | 50 € |



COSTES DE INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

En los dispositivos que se emplean a lo largo del proyecto se distinguen aquellos que tienen una amortización a 5 años (Ordenadores + impresora) y los de 10 años (instrumentos de laboratorio y medición).

| 6. COSTES DE INSTRUMENTOS Y EQUIPOS | | | | |
|-------------------------------------|----------|----------|---------------------|---------|
| | €/unidad | €/año | % usado en proyecto | Total |
| Ordenador PC 1 | 800,00 € | 160,00 € | 50% | 80,00 € |
| Ordenador PC 2 | 800,00 € | 160,00 € | 50% | 80,00 € |
| Ordenador PC 3 | 800,00 € | 160,00 € | 50% | 80,00 € |
| Ordenador PC 4 | 800,00 € | 160,00 € | 50% | 80,00 € |
| Impresora | 150,00 € | 30,00 € | 20% | 6,00 € |
| Osciloscopio | 560,00 € | 56,00 € | 10% | 5,60 € |
| Multímetro digital | 50,00 € | 5,00 € | 10% | 0,50 € |
| Calentador eléctrico | 10,00 € | 1,00 € | 10% | 0,10 € |
| Termopar | 6,45 € | 0,65 € | 10% | 0,06 € |
| Termómetro termopar | 49,70 € | 4,97 € | 10% | 0,50 € |

Los ordenadores y la impresora se utilizarán en todas las tareas, mientras que los instrumentos de medida se usarán en el paquete de trabajo 3 correspondiente a los ensayos.

ESTIMACIÓN DEL COSTE DE LAS ACTIVIDADES

Teniendo una suma de lo que supone cada apartado, se puede llegar a la siguiente cantidad:

| | |
|-------------------------------------|-------------|
| 0. COMPRA DE ELEMENTOS | 1.331,50 € |
| 1. COSTES DE PERSONAL | 23.000,00 € |
| 2. COSTES DE SUBCONTRATACIÓN | 1.235,00 € |
| 3. CONSUMIBLES | 77 € |
| 4. DERECHOS DE PROPIEDAD INDUSTRIAL | 1.294,00 € |
| 5. GASTOS DE EXPLOTACIÓN | 800 € |
| 6. COSTES DE INSTRUMENTOS Y EQUIPOS | 332,66 € |
| TOTAL: | 28.070,16 € |



PRESUPUESTO FINAL DEL PROYECTO

Con la suma de los planes de contingencia, el presupuesto total resulta de lo siguiente:

| | Porcentaje | Cuantía |
|---|------------|--------------------|
| Estimación de Costos de las Actividades | - | 28.070,16 € |
| Reserva Para Contingencias de las Actividades | 15% | 4.210,52 € |
| Estimaciones de Costos de los paquetes de trabajo | - | 32.280,69 € |
| Reserva para contingencias | 10% | 3.228,07 € |
| Cuentas de Control | - | 35.508,75 € |
| Línea Base de Costos | - | 35.508,75 € |
| Reserva de Gestión | 10% | 3.550,88 € |
| PRESUPUESTO DEL PROYECTO | | 39.059,63 € |

JUSTIFICACIÓN DE LOS GASTOS

ROLES:

- TÉCNICO 1: Graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales con un Master en Energías Renovables (EQF7).
- TÉCNICO 2: Graduado en Ingeniería de Telecomunicaciones con un Master en Energías Renovables (EQF7).
- COMERCIAL: Ingeniero Superior Industrial con especialidad en Electricidad. Ha ejercido como comercial durante 15 años CTI SOFT. Además, lleva los últimos tres años ocupando el cargo de director comercial en SCT (EQF7).
- FINANCIERA: Graduada en Economía en la Universidad de Deusto. Ha trabajado durante sus primeros cinco años de como subdirectora de una sucursal del banco BBVA (EQF6).
- COORDINADOR: Ingeniero superior en Organización Industrial con Máster en Dirección de Personas y actual jefe de proyectos de SCT. Debido a su larga experiencia profesional es la persona idónea para llevar a cabo la tarea de coordinador de este proyecto (EQF7).



COMPRA DE ELEMENTOS

La decisión de compra pasa por la mano de los técnicos bajo la supervisión de la financiera. El comercial tendrá lidiar en las negociaciones con los proveedores para obtener el mejor precio para el cliente con un margen comercial para SCT. Por ello, SCT se compromete a ofrecer al cliente la mejor oferta que cumpla los requerimientos de los técnicos.

En la descripción de tareas se puede ver que los requisitos técnicos limitan sobremanera la búsqueda de proveedores tomando gran importancia la posibilidad de negociación más que por comparación de empresas de la competencia.

Se ha decidido comprar un 10% más de sensores de los requeridos en la instalación; esto se debe a que en las condiciones extremas de los ensayos alguno de ellos fallará. Se implementarán 58 en total en la carretera pero tendremos un exceso de 7 para poder ensayarlos sin tener que pedir a posteriori un pedido más de los mismos.

COSTES DE PERSONAL

Para definir el coste por hora de cada trabajador del proyecto se han tenido en cuenta los siguientes puntos:

- Marco de cualificación europeo (EQF)
- Experiencia laboral y en gestión de proyectos.
- Reconocimientos de los técnicos en el ámbito de la investigación.
- Costes de Seguridad Social.

El coste de personal se ha calculado multiplicando el total de horas invertidas en cada paquete de trabajo (WP) con el coste por hora de los empleados.

SCT ha apostado por una solución innovadora y tecnológica con alto valor añadido donde una cualificación excelente del personal técnico es imprescindible.

Además, se ha optado por tener un comercial de perfil técnico, ya que la venta de este producto presenta gran complejidad a la hora de explicar al cliente la solución que se presenta.



La experiencia bancaria del personal financiero avala económicamente el proyecto, garantizando un presupuesto y unos costes lo más razonables posibles para el cliente. Su objetivo de contención del gasto obligará a los técnicos y al comercial a buscar soluciones eficientes, es decir, con alta tecnología pero con mínimo coste.

Un coordinador con conocimientos en la gestión de personas garantiza un clima de trabajo idóneo, el cual es esencial para que el proyecto se ejecute en plazos concretos y sin ningún contratiempo. Su labor organizativa en las tareas de cada trabajador resultará esencial para realizar el proyecto en el menor plazo posible. Además, empleará 5 horas en cada tarea para comprobar que los objetivos establecidos en cada paquete de trabajo se llevan a cabo y así poder coordinar los grupos de trabajo.

COSTES DE SUBCONTRATACIÓN

Única y exclusivamente se va a subcontratar el trabajo de una tercera empresa para el paquete de tareas número 4. SCT está compuesto mayoritariamente por ingenieros, técnicos y economistas que se dedican a desarrollar y diseñar nuevas tecnologías. La empresa no dispone de ningún obrero ni herramienta para realizar los trabajos de montaje del diseño. Desde el punto de vista económico de la empresa resulta más económico subcontratar este tipo de tareas.

Después de haber solicitado un presupuesto a tres empresas diferentes se ha optado por seleccionar el plan propuesto por ASFALTIA S.L. ya que en cuestión de calidad las tres empresas compiten al mismo nivel pero la seleccionada es la más económica.

En el presupuesto se pueden observar dos partidas diferentes. Por un lado está el coste de los operarios y por otro el coste del alquiler de la maquinaria.



SMART CITY TRANSPORT

innovating for the future

CONSUMIBLES

SCT en este proyecto no requiere de prototipos por lo que la cuantía de esta partida apenas influye en el presupuesto del proyecto. Aquí se imputan los gastos de material de oficina que no se pueden amortizar, tales como: papel, sobres, bolígrafos o tinta para la impresora. También se emplearán dispositivos de laboratorio como los diodos LED que se utilizarán para los ensayos. Este material se utilizará a lo largo de todo el proyecto.

DERECHOS DE PROPIEDAD INDUSTRIAL

Para poder realizar el trabajo señalado en el paquete de trabajo 1: “Análisis Inicial”. Es necesario diseñar y programar el proyecto en Visual Basic 2013. Los dos técnicos del proyecto son los únicos encargados de hacer el diseño por lo que será necesaria la compra de dos licencias.

GASTOS DE EXPLOTACIÓN

Para fomentar y publicitar el proyecto y sus beneficios se va a diseñar una página web. Teniendo en cuenta la gran competitividad entre las páginas web en google se va a pagar por un posicionamiento web para poder salir en primera posición en el buscador con las palabras: San Sebastián, ecología, verde e inteligente.

Asimismo, se repartirán folletos publicitarios al cliente y los proveedores con los que se informará de los aspectos más favorables de la implantación de esta nueva tecnología.



COSTES DE INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

ORDENADORES e IMPRESORA (amortización 5 años)

La empresa SCT dispone de varios equipos tanto de redacción como de ensayo. Los ordenadores que se compraron en la empresa respondieron a los requisitos recomendados por los técnicos. Por ello se decantó por la compra de PCs con las siguientes características:

- Procesador: Intel i5
- Tarjeta gráfica: ASUS G-Force 740
- Memoria RAM: 8GB
- Disco Duro: 1TB
- Sistema Operativo: Windows 7 Ultimate
- Pantalla: HP Compaq LA2205wg
- Teclado y ratón: HP KB-0316
- Impresora: BROTHER DCP-7055W

Se ha considerado que la amortización de los ordenadores y la impresora son a 5 años y que en este proyecto se ha usado un 50% de la amortización anual debido a la duración y al uso en horas de los equipos.

EQUIPOS DE ENSAYO (amortización 10 años)

En el apartado de ensayos se ha usado equipamiento técnico para llevar a cabo las mediciones necesarias para los técnicos y comprobar el correcto funcionamiento de los elementos.

El uso del osciloscopio es fundamental para garantizar una correcta alimentación de los componentes y evitar una sobrealimentación de los mismos antes de instalarlos. La forma de onda es supervisada en todo momento por el técnico correspondiente y esto garantizará al cliente que los ensayos son lo más rigurosos posible.

El multímetro es un aparato que sirve para medir la tensión o la corriente en un circuito, en función de su instalación. SCT utilizará dichos elementos y a los técnicos para calcular la potencia eléctrica en los elementos a ensayar, evitando el uso de un vatímetro y su consecuente gasto.



El calentador eléctrico es un elemento capaz de calentarse al paso de corriente y así proporcionar un flujo de calor constante. Su compra es barata y para los ensayos es una solución simple pero muy eficaz si viene acompañada de un riguroso control de la temperatura.

Los termopares sirven para medir la diferencia de temperatura entre dos puntos. Este es un aparato imprescindible para el correcto control de la temperatura y un lector de los termopares da una información lo suficientemente concisa (2% de error) a los técnicos.

JUSTIFICACIÓN DE LOS PORCENTAJES DE RESERVA

Una vez valorado la magnitud de los posibles riesgos e imprevistos, desde el punto de vista financiero se ha optado por tomar una visión conservadora. Los siguientes porcentajes manifiestan los márgenes de reserva:

| | |
|---|-----|
| Reserva Para Contingencias de las Actividades | 15% |
| Reserva para contingencias | 10% |
| Reserva de Gestión | 10% |

En el caso de “reserva para contingencias de las actividad” el porcentaje es mayor que en el resto de casos ya que el riesgo de imprevistos en las actividades es más elevado.

CONCLUSIONES

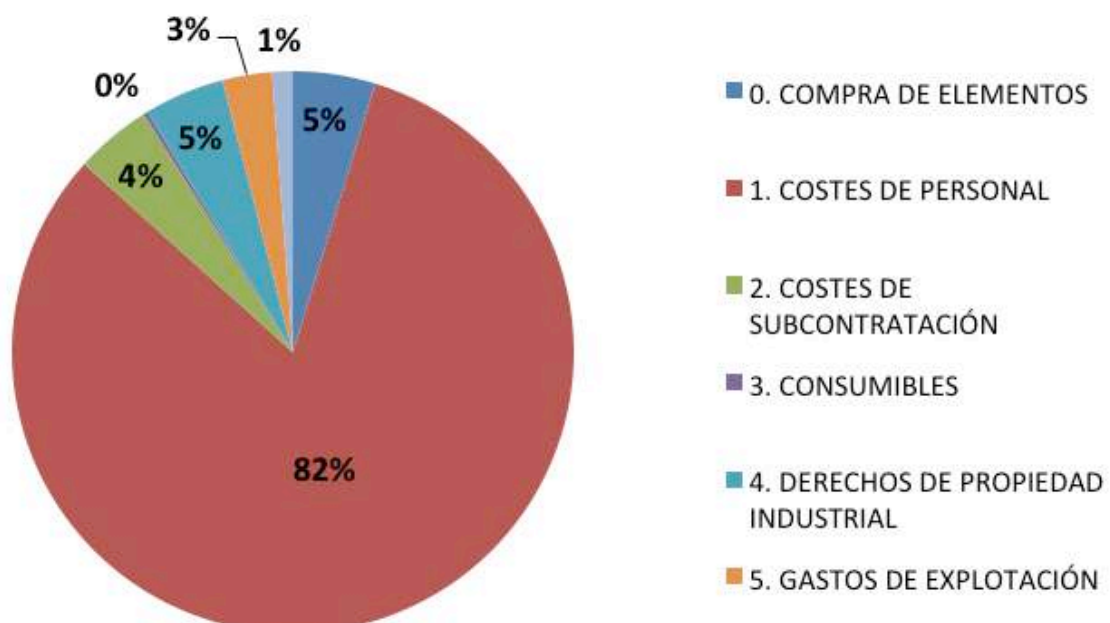
La intersección en la que se quiere implantar el proyecto es una de las más transitadas de Donosti, y debido a la gran cantidad de carriles que lo atraviesa convierten a este trabajo en un proyecto de alta complejidad de diseño. Como consecuencia directa, el número de horas de los técnicos aumenta considerablemente.

Se estima que una vez realizado este proyecto y de cara a futuros proyectos el número de horas de los técnicos y demás trabajadores se podrán reducir de una forma significativa.



Como se ha mencionado, el gasto de personal es la parte más destacable del presupuesto; un resultado coherente con la alta cualificación de los empleados y el alto valor tecnológico añadido al producto en cuestión.

Sin embargo, el coste de la tecnología a implantar es mínimo, lo cual implica un gran avance sobre los actuales métodos de control en el mercado.





Bibliografía

Información general

<http://www.its.berkeley.edu/publications/UCB/2007/PRR/UCB-ITS-PRR-2007-4.pdf>

http://www.roads.maryland.gov/OPR_Research/MD-12-SP009B4H_Anonymous-Vehicle-Detection-using-Wireless-Sensor-Report.pdf

<http://resenv.media.mit.edu/pubs/theses/AraKnaian-Thesis.pdf>

Componentes

Sensor

http://sensing.honeywell.com/product-page?pr_id=150212

<http://www.digikey.com/product-detail/es/SM351LT/480-5908-1-ND/4833126>

Wireless

<http://www.eol.ucar.edu/isf/facilities/isa/internal/CrossBow/DataSheets/mica2dot.pdf>

Batería

<http://www.digikey.com/product-detail/es/TL-4903/TL-4903-ND/2091930>

Estación Base

http://www.cs.virginia.edu/cs651-wsn/labs/datasheet_MIB510CA.pdf

Centro Control Luces Tráfico

http://www.th.gov.bc.ca/publications/eng_publications/electrical/TrafficControllerAssemblyManual.pdf



SMART CITY TRANSPORT

innovating for the future

CONTROL INTELIGENTE DEL TRÁFICO CON REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS

Entregable 3

Marzo 2015

Preparado para: Jose Mari Sarriegi, Supervisor

Preparado por: SMART CITY TRANSPORT



Contenido

| | |
|--|-----------|
| 11. Análisis de Explotación | 1 |
| 11.1. MERCADO | |
| 11.2. PLAN DE EXPLOTACIÓN | |
| 11.3. COSTE-BENEFICIO | |
| 11.4. IPR | |
| 12 Plan de Trabajo | 8 |
| 12.1. RESUMEN DE PAQUETES DE TRABAJO | |
| 12.2 RESUMEN DE ENTREGABLES | |
| 12.3. RESUMEN DE HITOS | |
| 11.4. CRONOGRAMA (DIAGRAMA GANTT) | |
| 11.5. DIAGRAMA PERT | |
| 13.Tecnologías Incorporadas en el Proyecto: Capacidad Tecnológica | 19 |
| 13.1. DISPONIBILIDAD Y AMORTIZACIÓN | |
| 13.2. CONCLUSIONES | |
| 14. Riesgos | 22 |
| 14.1. LISTADO DE RIESGOS | |
| 14.2. CLASIFICACIÓN | |
| 14.3. PLAN DE CONTINGENCIA | |
| 15. Barreras Externas al Proyecto (Análisis PESTEL) | 27 |



SMART CITY TRANSPORT
innovating for the future

15.1. FACTORES POLÍTICOS

15.2. FACTORES ECONÓMICOS

15.3. FACTORES SOCIALES

15.4. FACTORES TECNOLÓGICOS

15.5. FACTORES ECOLÓGICOS

15.6. FACTORES LEGALES

16.Financiación 31

16.1. MÉTODO DE PAGO

16.2. FINANCIACIÓN

Datos de contacto 34



11. Análisis de Explotación

11.1. MERCADO

El mercado global que correspondería a este proyecto sería el de los sistemas de control de tráfico. Aquí, existen numerosos productos como cámaras de control de tráfico, radares, láseres infra-rojos de medición de velocidad...

Dentro de este mercado, tenemos el segmento de sistemas de control de tráfico adaptativos, nuestra principal competencia. Este segmento acaba de empezar a evolucionar, debido a la repentina demanda traída por la congestión del tráfico.

11.1.1 Competidores, productos y cifras de negocio

| Nombre competidor | Producto ofrecido | Descripción del producto | Cifras de negocio |
|---|-------------------|--|---|
|  | SCATS | Sistema similar al nuestro, pero con un ordenador que hace las operaciones de manera centralizada. Muy alto coste de implantación. | Aplicado en 34350 intersecciones, 154 ciudades, 24 países (120.000\$/ unidad) |
|  | InSync | Sistema de control basado en cámaras, primero que es capaz de coordinar varias intersecciones. | Aplicado en 1350 intersecciones, 100 ciudades |
|  | ATAK | Similar a SCATS. Incluye una interfaz gráfica de simulación del sistema. | Aplicado solo en Estambul |



| Nombre competidor | Producto ofrecido | Descripción del producto | Cifras de negocio |
|--|-------------------|---|---|
| SIEMENS  | SCOOT | Sistema basado en control de cámaras. Primero en dar prioridad a los autobuses pero con una instalación compleja. | Aplicado en 7 ciudades incluida Londres, 4 países |
| SURTRAC  | SURTRAC | Sistema basado en control con cámaras pero con un algoritmo novedoso y muy eficiente. | Actualmente en pruebas piloto en EEUU |

11.1.2 Clientes

Los clientes principales de estos sistemas son ayuntamientos de ciudades y gobiernos, que necesitan mejorar su red de transporte debido a la creciente congestión. Las ciudades más grandes son por tanto, y debido a su gran congestión, un claro objetivo de venta para este tipo de sistemas.

11.1.3 Volumen y crecimiento del mercado global

El precio medio de un sistema de este tipo es muy próximo al ofrecido por nuestro competidor más potente, SCATS, con una cifra de 120.000\$ por intersección. Además se tiene un coste de 9000\$ dólares anuales de mantenimiento, que usualmente lleva la empresa.

El volumen actual del mercado también puede obtenerse de los datos de SCATS, cuyas cifras son dominantes respecto al resto: alrededor de 35000 intersecciones en todo el mundo, con una tasa de crecimiento anual del 50% de acuerdo a la página web del competidor "Rhythm Engineering".



SMART CITY TRANSPORT

innovating for the future

11.1.4 Nicho de mercado

Ninguno de los sistemas analizados integra todas las soluciones que SCT pretende dar con este proyecto:

- Sensores inalámbricos y no cámaras
- Cálculo automático y local sin pasar por un ordenador central
- Algoritmo de simulación pre-implantación, con interfaz gráfica
- Coordinación con otras intersecciones
- Bajo coste de inversión inicial y de mantenimiento
- Prioridad a autobuses
- Algoritmo optimizado

El nicho de mercado será, por tanto, la integración de todas las funcionalidades ofrecidas por separado por nuestros competidores con la técnica más reciente de comunicaciones a un coste muy bajo.



11.2. PLAN DE EXPLOTACIÓN

11.2.1 Volumen, precio y previsión de ventas a 5 años

Para dar una cifra realista, póngase que el potencial nicho de mercado para el 5^a año es una cifra del 25% de lo que actualmente tiene SCATS: 8750 intersecciones. De todas estas intersecciones que podemos captar, solo podremos escoger aquellas para las que tengamos capacidad de implantación.

Se ha visto que para este proyecto se tiene una duración aproximada de dos meses, algo que se reducirá cuando no sean necesarias ciertas tareas de diseño. Estimando que el tiempo se reduce a un mes, y que la empresa crecería en capacidad año tras año, se ha desarrollado la siguiente previsión de ventas (en volumen):

| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|--------------------------|--------|---------|---------|----------|---------|
| Ventas [nº intersec.] | 6 (x1) | 18 (x3) | 36 (x6) | 60 (x10) | 90(x15) |

El coste de este proyecto es de alrededor de 40.000 euros, algo que se verá reducido al contar ya con el “Know-how”. A pesar de ello, esta cifra se mantendrá ya que las intersecciones de las ciudades grandes a las que aspiramos vender son por lo general más complejas y por tanto volverá a subir el coste.

Supóngase un margen de beneficio del 50% sobre los costes acordados para cada venta. El precio de venta medio que resultaría sería de 80.000 euros, notablemente inferior al ofrecido por SCATS actualmente. Esto nos daría las siguientes cifras de ventas a 5 años:

| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|-----------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Ventas [nº intersecciones] | 6 (x1) | 18 (x3) | 36 (x6) | 60 (x10) | 90(x15) |
| Ingresos [euros] | 480.000 | 1.440.000 | 2.880.000 | 4.800.000 | 7.200.000 |
| Ingresos acumulados [euros] | 480.000 | 1.920.000 | 4.800.000 | 9.600.000 | 16.800.000 |



11.2.2 Estrategias del plan de explotación

a) Estrategia general

Si esta primera implantación se desarrolla con éxito, primero se recurrirá a intersecciones de San Sebastián, Bilbao y Vitoria, cubriendo el cupo de las 6 intersecciones del plan de ventas. En una segunda etapa, y a partir de la mitad del segundo año, se apostará por ofrecer nuestros servicios al gobierno de España y el resto de ciudades Europeas, para terminar ampliando el campo también a los Estados Unidos.

b) Estrategia de promoción

Con una parte del margen de beneficio obtenido por la empresa en sus ventas, se desarrollarán las siguientes actividades para seguir abarcando mercado:

- Perfeccionamiento de página web del proyecto
- Publicación de resultados de implantación en artículos divulgativos
- Visitas a clientes potenciales: ayuntamientos
- Presencia en ferias internacionales de sistemas inteligentes de control
- Presentación de la idea a concursos relacionados con las “Cleanech”

c) Estrategia de ventas

Podrán estudiarse ofertas para intersecciones interconectadas, sobre todo para clientes con un gran potencial de compra (grandes ciudades muy colapsadas como LOS ÁNGELES).

d) Estrategia tecnológica

Se seguirá investigando para mejorar la competitividad del sistema: nuevos componentes y más baratos, algoritmo más eficiente, normalización de procedimientos de implantación para disminuir el coste etc (I+D+i).

Para un cliente único y con un manual de mantenimiento escrito, el coste que para la empresa supondría arreglar periódicamente el sistema sería despreciable (y de hecho, no se ha considerado dentro del proyecto). Sin embargo, al pasar a comercializar el producto a gran escala, es probable que surjan problemas que requieran de la atención continua de personal especializado y por tanto un coste (ver apartado 9.3).



11.3. COSTE-BENEFICIO

En base a las ventas anteriormente estimadas, se realizará tabla de coste-beneficio. En ella se incluirán todos los costes del plan de explotación:

| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|---------------------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ventas [nº intersecciones] | 6 (x1) | 18 (x3) | 36 (x6) | 60 (x10) | 90(x15) |
| Ingresos [euros] | 480.000 | 1.440.000 | 2.880.000 | 4.800.000 | 7.200.000 |
| Gastos de implantación [euros] | 240.000 | 720.000 | 1.440.000 | 2.400.000 | 3.600.000 |
| | | | | | |
| Margen de beneficio (100%) [euros] | 240.000 | 720.000 | 1.440.000 | 2.400.000 | 3.600.000 |
| Gastos de I+D+i (25%) [euros] | 60.000 | 180.000 | 360.000 | 600.000 | 900.000 |
| Gastos de mantenimiento (35%) [euros] | 72.000 | 216.000 | 504.000 | 840.000 | 1.260.000 |
| Gastos de promoción (20%) [euros] | 48.000 | 144.000 | 288.000 | 480.000 | 720.000 |
| | | | | | |
| Ingresos netos (20%) | 48.000 | 144.000 | 288.000 | 480.000 | 720.000 |

Nótese que a esta tabla habría que sumar los costes de contratación de personal especializado, a estimar en base a los estándares de contratación actuales, y las amortizaciones de los equipos que se considerarán despreciables (inversión inicial muy pequeña).

Como se ve, el beneficio escala rápidamente a pesar de haber sido conservadores en nuestras previsiones de crecimiento a 5 años. El potencial del mercado en este periodo se quedaría muy por encima de nuestra capacidad, algo prometedora de cara a seguir creciendo en el futuro.



11.4. IPR

Con respecto a la gestión de la propiedad intelectual de este proyecto, se procederá a listar todos los elementos innovadores generados y sus respectivos elementos de control:

1. **Procedimiento de análisis y modelado de una intersección ->Patente de procedimiento**
2. **Algoritmo de optimización (programa) ->Patente, Copyright**
3. **Diseño conceptual del sistema ->Patente ,Diseño Industrial**
4. **Componentes utilizados en el sistema y su integración >Patente ,Diseño Industrial**
5. **Programa de simulación de flujos ->Patente, Copyright**

*Nota: Los elementos de control se han seleccionado según los estándares europeos, explicados en la siguiente dirección:

<https://www.iprhelpdesk.eu/faq-page#t182n2571>

Además de aplicar estos elementos de control rellenando las solicitudes correspondientes, habría que firmar contratos de confidencialidad tanto con los empleados de SCT como con el cliente. Véase un ejemplo de los mismos en la siguiente dirección:

<https://www.gov.uk/government/publications/non-disclosure-agreements>

(Modelo avalado por el “IPR-Helpdesk” de la Unión Europea)



12 Plan de Trabajo

12.1. RESUMEN DE PAQUETES DE TRABAJO

Lista de Paquetes de Trabajo

| Nº PT | Título del Paquete de Trabajo | Tipo de Actividad | Duración (días) | Fecha Inicio | Fecha Final |
|-------|---------------------------------|-------------------|-----------------|--------------|-------------|
| 1 | ANÁLISIS INICIAL | RTD | 19 | 1/06/15 | 25/06/15 |
| 2 | DEFINICIÓN TÉCNICA DE ELEMENTOS | RTD | 3 | 10/06/15 | 12/06/15 |
| 3 | ENSAYO DE ELEMENTOS | DEM | 2 | 15/06/15 | 16/06/15 |
| 4 | INSTALACIÓN | OTRA | 5 | 17/06/15 | 23/06/15 |
| 5 | PUESTA EN MARCHA | SUPP | 33* | 26/06/15 | 11/08/15 |
| TOTAL | | | 33 | | |

* Debido al seguimiento de la puesta en marcha, este paquete de trabajo requiere de revisiones periódicas que se extienden hasta el mes de Agosto.



Descripción del Paquete de Trabajo 1

| | | | |
|------------------------------|------------------|-----------------|---------|
| Número de Paquete de Trabajo | 1 | Fecha de inicio | 1/06/15 |
| Título de Paquete de Trabajo | ANÁLISIS INICIAL | | |
| Tipo de Actividad* | RTD | | |

Objetivos

- 1. Definir la situación inicial del tráfico, para poder obtener la medida de la mejora
- 2. Diseñar conceptualmente nuestro sistema: elementos, conexiones, y su situación
- 3. Programar el algoritmo y comprobar que funciona

Descripción del trabajo:

- 1. Para definir la situación inicial del tráfico, se llevarán a cabo medidas tanto de los tiempos de espera como de los flujos de vehículos en diferentes momentos del día.
- 2. Para diseñar conceptualmente el sistema, se estudiará la tecnología presente en la intersección y se estudiará su integración con los componentes que propone SCT (sensores y micro-procesador).
- 3. Para programar el algoritmo y comprobar que funciona, se modelará matemáticamente la intersección y se traducirá a lenguaje de programación dentro del algoritmo genérico con el que cuenta ya SCT.



Descripción del Paquete de Trabajo 1 (continuación)

Entregables

El entregable de la tarea recogerá los resultados de las siguientes tareas:

TAREA 1.1: Tabla EXCEL con los datos de flujos y tiempos de espera recogidos en cada sub-tarea. Servirá para graficar mejoras tras la implantación.

TAREA 1.2: Informe técnico con el data-sheet de cada uno de los componentes de la intersección, con fotos y un mapa general de su disposición actual. Servirá a la tarea 1.4: diseño conceptual del sistema.

TAREA 1.3: Informe resumido que contenga los siguientes datos y su justificación: tabla de la verdad de direcciones, número de sensores, flujos de entrada y salida de cada carril. Servirá para programar el algoritmo en la tarea 1.5.

TAREA 1.4: Foto de la intersección donde se refleje claramente la posición de los elementos a instalar. Detalle por escrito de cómo se realizarán las conexiones entre los elementos. Servirá para definir los elementos con exactitud en el PAQUETE DE TRABAJO 2.

TAREA 1.6: Informe de validación del algoritmo: aprobación de resultados de la simulación para situaciones relajadas, normales, y extremas. **Servirá al cliente a modo de prueba de que se tiene un programa que optimiza a tiempo real las luces de su intersección, con un sistema ya pre-diseñado.**





Descripción del Paquete de Trabajo 2

| | | | |
|------------------------------|---------------------------------|-----------------|----------|
| Número de Paquete de Trabajo | 2 | Fecha de inicio | 10/06/15 |
| Título de Paquete de Trabajo | DEFINICIÓN TÉCNICA DE ELEMENTOS | | |
| Tipo de Actividad* | RTD | | |

Objetivos

- Definición del sistema técnicamente:
- 1. Definir y diseñar los componentes de los nodos
- 2. Análisis del centro de control
- 3. Estudio e implantación de la estación base en la CCLT
- 4. Definir y diseñar la estación base

Descripción del trabajo:

- En este paquete se determinan los componentes más adecuados en las diferentes partes del sistema. Para ello se realiza un análisis del mercado existente para cada tipo de componentes y se escoge el componente que cumpla con las especificaciones del proyecto, tanto en términos económicos como en técnicos.
- Este trabajo requiere de un previo conocimiento del sistema existente en la intersección, ya que la elección de los componentes también tiene que ser compatible con dicho sistema.

Entregables



- El entregable de la tarea será una hoja técnica especificando detalladamente cada componente. En esta hoja se reunirán las características técnicas de los componentes y se adjuntará un resumen del coste para realizar la compra de los componentes posteriormente. También se incluirán las correspondientes justificaciones de la elección y posibles alternativas a los componentes elegidos.



Descripción del Paquete de Trabajo 3

| | | | |
|------------------------------|---------------------|-----------------|----------|
| Número de Paquete de Trabajo | 3 | Fecha de inicio | 15/06/15 |
| Título de Paquete de Trabajo | ENSAYO DE ELEMENTOS | | |
| Tipo de Actividad* | DEM | | |

Objetivos

- 1. Comprobar el correcto funcionamiento de los componentes recibidos
- 2. Comprobar que el sistema en conjunto funciona sin problemas

Descripción del trabajo:

- Se realizarán varios ensayos para someter a los componentes a diferentes condiciones de funcionamiento. De esta forma, se podrá saber si los elementos recibidos cumplen con las características que dice el fabricante y se podrá garantizar su buen funcionamiento. También habrá pruebas en condiciones extremas para garantizar la fiabilidad y calidad de los elementos instalados.

Entregables



Después de cada ensayo se realizará un informe detallado de los resultados. Si ha habido algún elemento que ha fallado se anotará bajo qué condiciones se ha dado la avería.

En caso de que algún elemento no cumpla con las especificaciones del fabricante se le hará notificar y se pedirá una nueva garantía de los productos comprados.



Descripción del Paquete de Trabajo 4

| | | | |
|------------------------------|-------------|-----------------|----------|
| Número de Paquete de Trabajo | 4 | Fecha de inicio | 17/06/15 |
| Título de Paquete de Trabajo | INSTALACIÓN | | |
| Tipo de Actividad* | OTRA | | |

Objetivos

- 1. Correcta instalación de los nodos, EB y las conexiones con la CCLT

Descripción del trabajo:

- Se subcontratará a una empresa externa para que realice las labores sobre el asfalto.
- Los técnicos de SCT serán los responsables de dicha supervisión.
- Asimismo, los técnicos de la empresa se encargarán de asegurar la correcta instalación de la EB y de las conexiones con la CCLT.

Entregables



- Todas las instalaciones realizadas serán supervisadas de modo que una vez este todo finalizado se entregará un certificado en el cual se acredite la validez y el correcto funcionamiento de todas las instalaciones.



Descripción del Paquete de Trabajo 5

| | | | |
|------------------------------|------------------|-----------------|----------|
| Número de Paquete de Trabajo | 5 | Fecha de inicio | 26/06/15 |
| Título de Paquete de Trabajo | PUESTA EN MARCHA | | |
| Tipo de Actividad* | SUPP | | |

Objetivos

- 1. Disponer de un procedimiento para la puesta en marcha y correcto funcionamiento de todos los sistemas.
- 2. Verificar el correcto funcionamiento del sistema, tanto de los sensores como de los sistemas de control de datos y transmisión de datos.

Descripción del trabajo:

- Se realizarán pruebas del sistema sin tener en cuenta el paso de los vehículos. Se comprobará que la transmisión de los datos se realiza correctamente y también se realizará un estudio de la señal medida por el sensor, para corroborar que la coordinación de los datos entre nodos es la correcta.
- Se establecerá un periodo de prueba de arranque del sistema, implementando algoritmos sencillos en primer lugar y incrementando la complejidad de los mismos, siempre y cuando se compruebe que el sistema se comporta correctamente en todos los casos.
- Por otro lado será necesario realizar un seguimiento del sistema y de sus componentes, con revisiones periódicas.
- Por último se analizarán los resultados de ciertos estudios, para comparar el impacto del sistema sobre el estado inicial de la intersección.

Entregables



En esta tarea se hará un informe recopilando todos los resultados que se han obtenido para verificar el cumplimiento de los objetivos propuestos en el planteamiento del proyecto. También se incluirán informes intermedios que verifiquen que este trabajo cumple con los tiempos y tareas establecidas.



12.2 RESUMEN DE ENTREGABLES

Lista de Entregables

| Nº Ent. | Nombre del Entregable | Nº PT | Días estimados | Tipo* | Nivel de Difusión | Fecha Entrega |
|---------|------------------------------|-------|----------------|-------|-------------------|---------------|
| 1 | Ent. Tarea 1.1. | 1 | 4 | R | PU | 04/06/15 |
| 2 | Ent. Tarea 1.2. | 1 | 1 | R | CO | 05/06/15 |
| 3 | Ent. Tarea 1.3. | 1 | 1 | R | CO | 08/06/15 |
| 4 | Ent. Tarea 1.4. | 1 | 1 | R | CO | 09/06/15 |
| 5 | Ent. Tarea 1.5. | 1 | 2 | R | CI | 11/06/15 |
| 6 | Ent. Tarea 1.6. | 1 | 9 | R | CO | 25/06/15 |
| 7 | Ent. Componentes | 2 | 3 | R | CO | 12/06/15 |
| 8 | Ent. Ensayos | 3 | 2 | R | PU | 16/06/15 |
| 9 | Ent. Certificado Instalación | 4 | 5 | R | CI | 23/06/15 |
| 10 | Ent. Puesta en Marcha | 5 | 5 | R | PU | 03/07/15 |
| TOTAL | | | 33 | | | |

*Tipo: Si es documento o report (R), si es una demostración (DEM), si es página web o multimedia (DEC)

*Nivel de difusión: si es público (PU), confidencial (CO) o clasificado (CI).



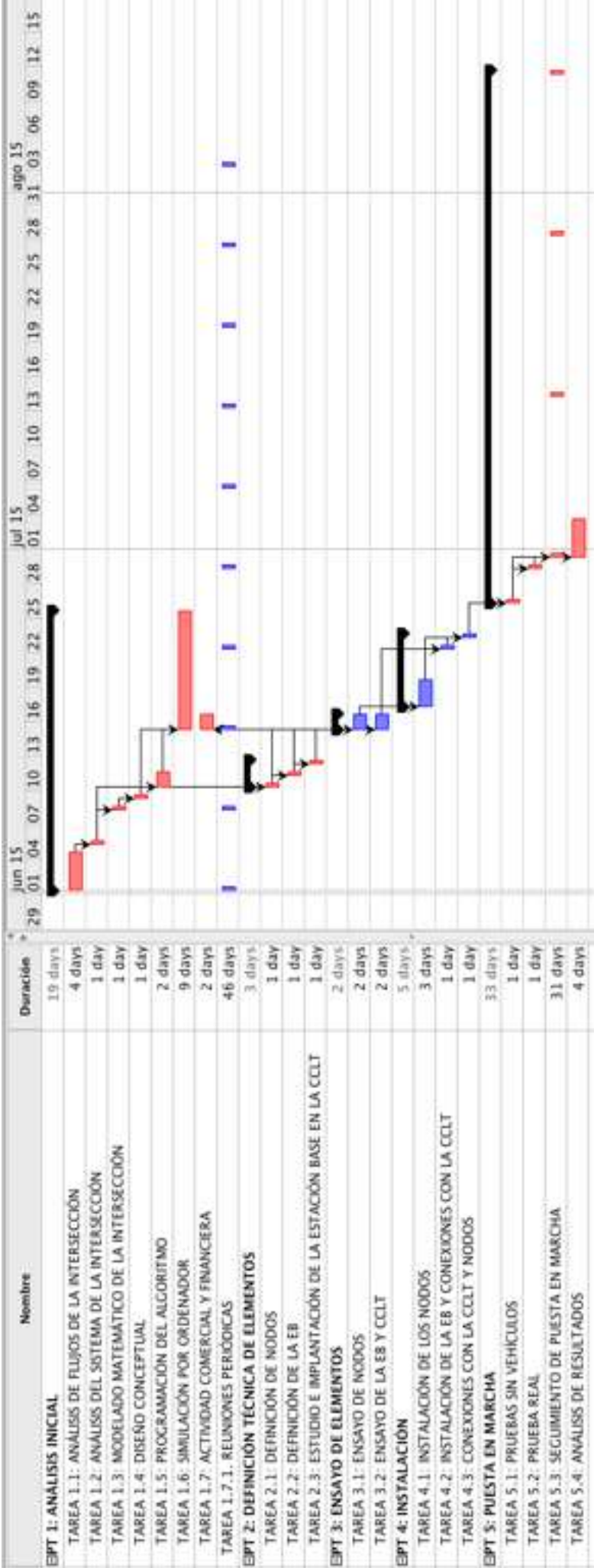
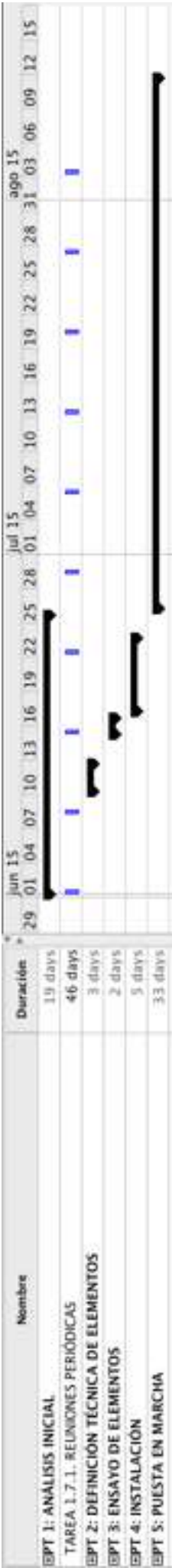
SMART CITY TRANSPORT

innovating for the future

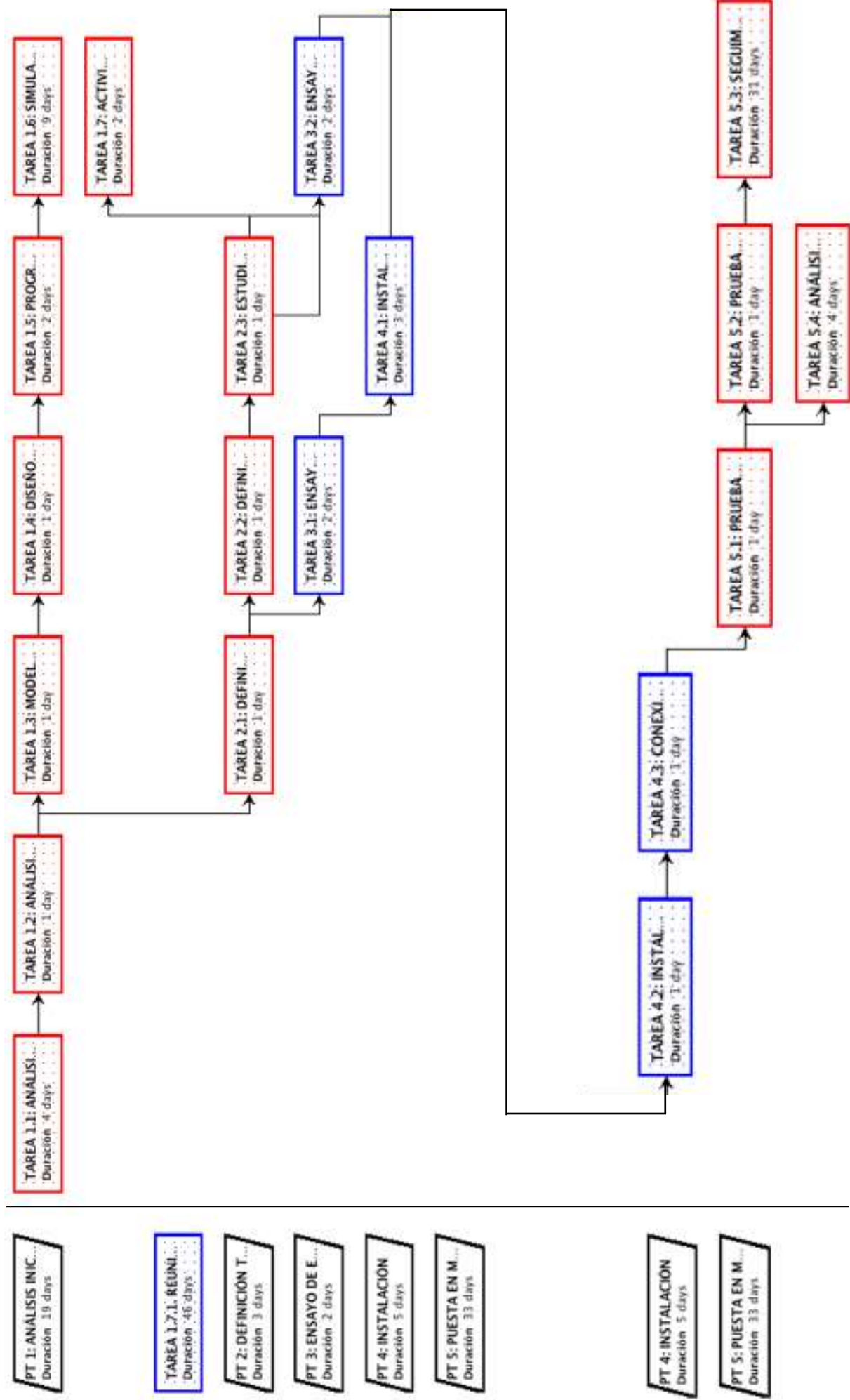
12.3. RESUMEN DE HITOS

| Nº Hito | Nombre Hito | Nº PT | Estimación de fecha | Medidas de Verificación |
|---------|-------------------------------------|-------|---------------------|--|
| 1 | FINALIZACIÓN DEL ANÁLISIS | 1 | 10/06/15 | Entrega del entregable 1 con los detalles del análisis |
| 2 | ELECCIÓN DE COMPONENTES | 2 | 12/06/15 | Entrega del entregable 2 especificando componentes |
| 3 | VERIFICACIÓN DE ENSAYOS | 3 | 16/06/15 | Al menos el 90% de los componentes aguanta las condiciones establecidas |
| 4 | FINALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN | 4 | 23/06/15 | Los componentes funcionan correctamente y la intersección vuelve a estar operativa |
| 5 | FINALIZACIÓN DE LA PUESTA EN MARCHA | 5 | 11/08/15 | Correcta comunicación del sistema instalado |
| 6 | VERIFICACIÓN DE RESULTADOS | 1 | 25/06/15 | Los resultados corresponden con las simulaciones realizadas |

12.4. CRONOGRAMA (DIAGRAMA GANTT)



12.4. DIAGRAMA PERT





13. Tecnologías Incorporadas en el Proyecto: Capacidad Tecnológica

Tal como se ha podido describir en puntos anteriores a la redacción de este proyecto, la característica de SCT es la incorporación de un sistema basado en un innovador algoritmo para la descongestión de una intersección.

Es una gran mejora respecto del estado del arte en el sentido de que una nueva tecnología es aplicada. Esa tecnología responde a un nuevo algoritmo capaz de modificar las luces de tráfico en tiempo real, para lo que se utilizan sensores, baterías y placas electrónicas comerciales instaladas en la estación base y en la caja de control de las luces de tráfico.

En cuanto a inversión necesaria, se basa en una gran parte en conocimiento aplicado más allá de una gran inversión en infraestructura o instrumentos. Por ello, se utiliza mucha hora de ingeniería propia, en la parte de algoritmia y compra de elementos. También se usa la hora comercial y financiera para obtener los mejores precios y plazos de los proveedores.



13.1. DISPONIBILIDAD Y AMORTIZACIÓN

En la compra de elementos se tendrá en cuenta el plazo de entrega del producto así como una negociación de los precios de compra. Todo ello será posible debido a que los técnicos cualificados (ingenieros superiores) pueden encontrar los mejores elementos y el comercial puede negociar los precios para que sean lo más razonables posible. De igual manera el comercial se centrará en que el fabricante se ciña al precio y al plazo acordado.

En el apartado de ensayos, SCT cuenta con unos laboratorios propios de ensayos que utilizará a lo largo del proyecto. Toda la parte de pruebas se llevará a cabo allí porque se considera la mejor manera de garantizar la fiabilidad de dichos ensayos. Los aparatos de medida han sido definidos por los propios ingenieros de la empresa, por lo que la lectura de resultados no presenta ninguna dificultad a los técnicos.

Dicho esto, se puede afirmar que la disponibilidad de estos laboratorios es total y no presenta contratiempo alguno al proyecto planteado. Además, se garantiza el correcto montaje de los ensayos ya que tanto el procedimiento como los instrumentos de medida han sido definidos por los técnicos.

La subcontratación se llevará a cabo tras una investigación previa a la empresa adjudicadora. Para ello se contactará con responsables que anteriormente hayan tenido experiencias con la empresa en cuestión. Hasta no tener garantías de pagos y plazos no se aceptará ninguna oferta. De esta manera, toda labor de subcontratación queda bien atada en el contrato.



13.2. CONCLUSIONES

A modo de resumen, se puede concluir que un marco de cualificación muy alto del personal hace que la garantía del proyecto sea muy grande. También se ha podido reflejar que SCT dispone de una alta capacidad tecnológica (laboratorios, aparatos,...) para llevar a cabo los ensayos y una garantía total en la subcontratación.

En la parte de justificación de gastos del presupuesto se pueden ver los costes del personal siempre ligados a una alta responsabilidad y formación. De igual manera se puede ver una tabla comparativa de las ofertas de subcontratación y la amortización de los laboratorios (tiene en cuenta los instrumentos empleados).

Por último señalar el nivel de cualificación, así como la experiencia del personal de SCT:

TÉCNICO 1: Graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales con un Master en Energías Renovables (EQF7).

TÉCNICO 2: Graduado en Ingeniería de Telecomunicaciones con un Master en Energías Renovables (EQF7).

COMERCIAL: Ingeniero Superior Industrial con especialidad en Electricidad. Ha ejercido como comercial durante 15 años CTI SOFT. Además, lleva los últimos tres años ocupando el cargo de director comercial en SCT (EQF7).

FINANCIERA: Graduada en Economía en la Universidad de Deusto. Ha trabajado durante sus primeros cinco años de como subdirectora de una sucursal del banco BBVA (EQF6).

COORDINADOR: Ingeniero superior en Organización Industrial con Máster en Dirección de Personas y actual jefe de proyectos de SCT. Debido a su larga experiencia profesional es la persona idónea para llevar a cabo la tarea de coordinador de este proyecto (EQF7).



14. Riesgos

14.1. LISTADO DE RIESGOS

A la hora de definir los diferentes riesgos del proyecto se hace un primer listado de riesgos clasificándolos según el tipo de riesgo.





SMART CITY TRANSPORT

innovating for the future

| | |
|------------------|--|
| Análisis | <ul style="list-style-type: none">•(1) Error al analizar el flujo de tráfico en la intersección•(2) Accidente en la instalación de aparatos de medida de flujo•(3) Error en el modelado de la intersección•(4) Error en la programación del algoritmo |
| Técnicos | <ul style="list-style-type: none">•(5) Incompatibilidad de los componentes del sistema•(6) Problemas en la comunicación entre componentes |
| Ensayo | <ul style="list-style-type: none">•(7) Fallo de más componentes de lo esperado•(8) Accidente al ensayar componentes |
| Instalación | <ul style="list-style-type: none">•(9) Problemas al instalar los nodos•(10) Accidente en la instalación de nodos•(11) Condiciones climatológicas desfavorables |
| Puesta en marcha | <ul style="list-style-type: none">•(12) Comunicación inadecuada del sistema•(13) Resultados desfavorables•(14) Fallo de algún componente antes de lo esperado |
| Financieros | <ul style="list-style-type: none">•(15) Adjudicación de subvención * |

*Adjudicación de subvención: PROGRAMA INNOBIDEAK-LEHIABIDE 2015.

Esta subvención abonará el 50% del coste final del proyecto. El plan de financiación realizado no tiene como pilar este abono de dinero, por lo cual en caso de no recibirla no perjudicará el desarrollo del proyecto. Por el contrario, en caso de recibirla, convertirá nuestro proyecto en una propuesta más atractiva.



14.2. CLASIFICACIÓN

Una vez listados los riesgos se clasifica cada uno en función de su probabilidad e impacto. La escala que se usará es la siguiente:

Probabilidad:

Se usarán 3 diferentes probabilidades: 1:100, 1:1000 y 1:10000

Impacto:

Se usarán 3 diferentes medidores:

- Alto: si se produce este suceso el proyecto no se hace.
- Moderado: si se produce este suceso el proyecto sufriría un retraso temporal importante (el doble o más de lo previsto) o el coste del proyecto se vería afectado considerablemente (el doble o más de lo previsto).
- Bajo: si se produce este suceso el proyecto sufriría un retraso temporal aceptable (hasta 1,5 veces más de lo esperado) o el coste del proyecto se vería algo afectado (hasta 1,5 veces más de lo esperado).

NOTA: Se usará la numeración del listado de riesgos en la clasificación.

| | | | |
|---------|-------|----------|------|
| 1:100 | 14 10 | 3 11 | |
| 1:1000 | 6 | 1 4 9 13 | 10 |
| 1:10000 | 5 7 | 12 | 2 8 |
| | Bajo | Moderado | Alto |



14.3. PLAN DE CONTINGENCIA

El plan de contingencia se aplicará a los riesgos más graves. Se han tomado como riesgos graves los riesgos que estén situados en la esquina superior derecha (bordeado con línea más gruesa) de la tabla de probabilidad-impacto.

No se ha detectado ningún riesgo que pueda ocurrir con una frecuencia de 1 de cada 100 y que tenga un impacto alto en el proyecto por lo que se toma como dato para decir que el proyecto no tiene riesgos extremadamente graves.

A continuación se entrará en detalle del plan de contingencia de cada riesgo grave:

(3) Error en el modelado de la intersección

El error en el modelado de la intersección supone que el modelo que se implementa en el algoritmo no corresponde con la realidad. Esto acarrea una serie de errores a lo largo del proyecto:

- Adaptación del algoritmo errónea
- Mala planificación del posicionamiento de los nodos
- Mal funcionamiento del sistema en general

La detección de este problema en el caso más desfavorable se efectuaría una vez aplicado el sistema y al analizar los resultados de la misma. Aclarar que a partir de ahora se hablará del caso más desfavorable ya que al modelar el sistema se harán varias comprobaciones para garantizar el buen modelado del sistema.

Si esto ocurriera habría que remodelar el sistema, esto es, dos técnicos deberían identificar el problema y solucionarlo. La solución sería redistribuir los nodos que fueran necesarios para el buen funcionamiento del sistema. Los costes que acarrearía este suceso serían los siguientes:

- Tiempo de los técnicos para identificar del problema.
- Readaptación del algoritmo.
- Redistribución teórica de los nodos.
- Redistribución de nodos implantados en la intersección.



(10) Accidente en la instalación de nodos

Debido a la alta densidad de tráfico y aunque se siga paulatinamente el proceso de instalación es posible que ocurra algún accidente tanto con la maquinaria o con el tráfico. Cuando se habla de accidente se distinguirán dos diferentes casos: accidente leve sin gran impacto al proyecto y accidente grave con herido grave o algún fallecido. En este apartado se estudiará el caso más grave ya que es el caso que acarrea consecuencias más notables al proyecto.

En el caso de que hubiera algún fallecido el proyecto se suspendería. La empresa SCT tiene claros sus principios éticos y en caso de sufrir un accidente de semejante calibre se suspendería el proyecto en curso. Se echaría mano de los seguros contratados para indemnizar a los afectados.

(11) Condiciones climatológicas desfavorables

Aunque en principio las condiciones climatológicas no sean un factor clave para este proyecto, debido a la locación del mismo (San Sebastián) es posible que las constantes lluvias dificulten la instalación de los nodos en el asfalto ya que es necesario reasfaltar zonas concretas de la carretera una vez instalados los nodos.

Teniendo esto en cuenta se puede tomar la medida preventiva de llevar a cabo el proyecto en verano ya que es entonces donde teóricamente menos lluvia debería hacer.

En el supuesto caso de que el proyecto se tuviera que llevar a cabo en un periodo de tiempo donde hubiera constantes lluvias o aunque se hiciera en verano se diera el caso de que la lluvia fuera lo suficientemente constante como para dificultar la instalación se tendría que aplazar la instalación de los nodos hasta asegurarse unas condiciones meteorológicas aceptables. Este retraso dependería de la meteorología pero podría suponer un retraso de hasta 1 mes en la instalación de los nodos retrasando así el proyecto entero en hasta 1 mes.



15. Barreras Externas al Proyecto (Análisis PESTEL)

El desarrollo y ejecución de este proyecto está bajo barreras externas y obstáculos que SCT ha querido analizar para el cliente. De esta forma se han dividido los factores en diferentes clases para su análisis PESTEL.



Al tratarse de un cliente local, el análisis se ha centrado en efectos locales, sin hacer mucho hincapié en situaciones naciones e internacionales.



15.1. FACTORES POLÍTICOS

Al ser una decisión del ayuntamiento en cuestión la adjudicación de este proyecto, hay que analizar el punto de vista de cada partido político que pueda entrar en el ayuntamiento en un periodo de un año y ver su apuesta por el transporte eficaz en Donostia.

Así mismo, Donostia ha demostrado ser pionero en autobuses eléctricos, postes de recarga,... por lo que su apuesta por la movilidad sostenible siempre ha sido un decisión política destacada.

SCT ha concluido que al no tratarse de una decisión polémica la implantación de esta tecnología, el obstáculo político que puede suponer es relativamente bajo.

15.2. FACTORES ECONÓMICOS

La recuperación económica de la ciudad de San Sebastián es notable si destacamos sus datos macroeconómicos del año 2014. Tasa de paro cercana al 9%, PIB per cápita aprox. 30.000€

El contexto puede favorecer este proyecto ya que se puede considerar que una inversión en la descongestión del tráfico lleva consigo un aumento de calidad de vida, reducción de tiempos de viajeros y el confort del viaje. Tal como se ha comentado en los factores políticos, la tendencia de la economía local es hacia una movilidad sostenible que es donde habría que situar este proyecto.

No obstante, no es una inversión prioritaria dado que está poco relacionado con la vivienda, educación o la sanidad y el hecho de ser la primera vez de la implantación de un sistema así, pueden generar dudas a la hora de apostar por ello.

Además, puede suponer un problema que el obtener datos reales de rentabilidad es muy complicado porque no hay un indicador específico para calcular el retorno de esta inversión.



15.3. FACTORES SOCIALES

La movilidad de la ciudad de San Sebastián se puede centrar en tres medios fundamentales: La bicicleta, el transporte público y los vehículos (ya sean coches como motocicletas). Al ser una tecnología enfocada al transporte en general, más que una barrera se ve como una oportunidad la instalación de los sensores.

La parte más damnificada del proyecto es el taxi, ya que el sistema lo considera como un vehículo normal. Por eso, si hay un autobús y un taxi, el primero tendrá prioridad en el algoritmo y su viaje durará menos.

La opinión de los taxistas es algo a tener muy en cuenta por el cliente del proyecto, ya que no es la primera vez que un sistema que no les beneficia ha tenido que ser prohibido (véase el caso de la aplicación *Uber* en diferentes países).

15.4. FACTORES TECNOLÓGICOS

El mayor problema tecnológico se presenta cuando hablamos de futuro y sobre durante cuánto tiempo será pionera esta tecnología. Hay que tener en cuenta que el avance y el desarrollo entrarán en juego nada más instalarse este sistema. Para ello, SCT se compromete a garantizar una mejora continua del algoritmo y su mantenimiento.

En este proyecto, al utilizarse elementos comerciales, no hay problema para la disponibilidad de elementos.

15.5. FACTORES ECOLÓGICOS

En principio, la instalación de los nodos, la estación base y la caja de control no conlleva problemas medioambientales. Sí que es cierto que el tratamiento que habrá que hacer a las baterías una vez se gaste será específico y conlleva un proceso no-convencional de tratamiento de residuos como, por ejemplo, las pilas.

Cabe resaltar que este residuo se generará cada 15 años por lo que se puede considerar un daño ecológico mínimo.



SMART CITY TRANSPORT

innovating for the future

15.6. FACTORES LEGALES

La mayor barrera legal está relacionada con la Ley de Propiedad Intelectual analizado previamente este proyecto. Téngase en cuenta que la propiedad legal del algoritmo base no es de SCT por lo que un acuerdo con el autor será necesario para evitar problemas legales.



16. Financiación

16.1. Método de Pago

El valor total del contrato asciende a la suma de 39.059,63€ Incluido IVA. El ayuntamiento de Donostia-San Sebastián satisfará el coste del proyecto de la siguiente forma:

El 20% del coste total se abonará una vez firmado el contrato.

El restante 80% se aportará tras haber finalizado el proyecto. A lo largo de un periodo de cuatro meses en cuatro pagos. La cuantía de cada pago se acordará en una reunión previa a la firma del contrato.

16.2. Financiación

Con el objetivo de poder financiar el proyecto, el dinero se obtendrá de dos fuentes diferentes: por un lado está el pago adelantado por el contratante y por otro, los recursos propios de la empresa SCT.

Haciendo referencia a lo previamente descrito, una vez firmado el acuerdo el ayuntamiento abonará un total de 7.811,93€ (el 20% del coste total del proyecto).

El dinero restante, un total de 31.247,70€ lo anticipará la empresa SCT. Este dinero se obtendrá de los recursos propios de la empresa. En la actualidad la SCT es lo suficientemente solvente como para hacer frente a un pago de tal magnitud, gracias a lo cual no hará falta pedir ningún tipo de préstamo o aval bancario.

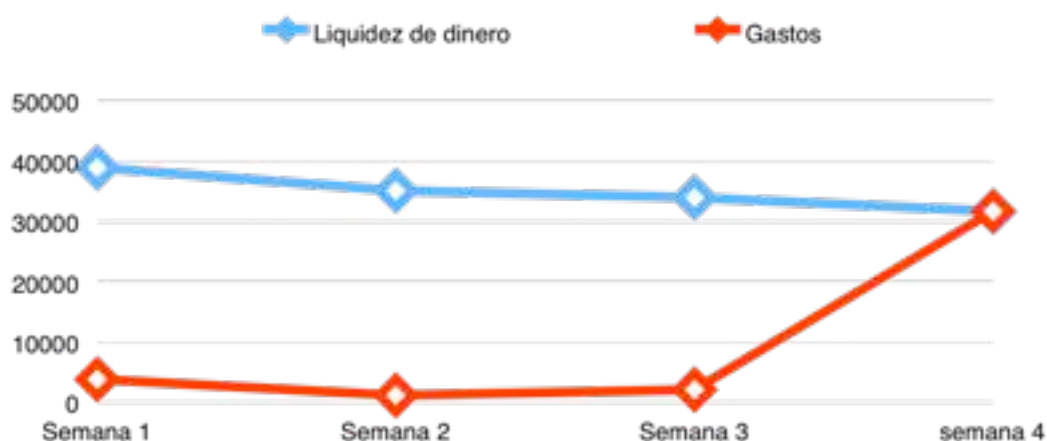
| Fuente | Porcentaje sobre el valor total del proyecto | Cuantía |
|---------------------------------|--|-------------|
| Recursos Propios | 80% | 31.247,70 € |
| Pago adelantado del contratante | 20% | 7.811,93 € |



SMART CITY TRANSPORT

innovating for the future

Los pagos a las empresas subcontratadas se realizarán una vez finalicen sus respectivos trabajos. Asimismo, de igual forma se gestionarán los pagos a los proveedores, ya que se harán tras haber recibido la mercancía solicitada.



| PAGOS | |
|----------|--|
| SEMANA 1 | Pago de material a proveedores |
| SEMANA 2 | Gastos imprevistos |
| SEMANA 3 | Pago a la empresa constructora (subcontratación) |
| SEMANA 4 | Pago de nóminas y otros gastos |

Finalmente, cabe resaltar la posible adjudicación de una subvención sobre el proyecto: PROGRAMA INNOBIDEAK-LEHIABIDE 2015. Está subvención abonará el 50% del coste total del proyecto. SCT será la empresa encargada en tramitar dicha solicitud. En caso de que la resolución sea favorable, el coste del proyecto se reducirá a la mitad y se le reembolsará al cliente aquella cantidad que le corresponda.



SMART CITY TRANSPORT
innovating for the future

Bibliografía

Información general

[http://www.eustat.euskadi.net/t35-20689x/es/t64aVisorWar/t64aCreaFicha.jsp?R01HN
oPortal=true&lan=0&code=20069](http://www.eustat.euskadi.net/t35-20689x/es/t64aVisorWar/t64aCreaFicha.jsp?R01HN%20Portal=true&lan=0&code=20069)



SMART CITY TRANSPORT
innovating for the future

Datos de contacto

SMART CITY TRANSPORT
innovating for the future

Paseo Mikeletegi, 48
Donostia-San Sebastián, 20009 Guipúzcoa , España
T (+34) 943 219877
F (+34) 943 311442

@tecnunstc

<http://smartcitytransport.wordpress.com/>