



TRABAJO FIN DE GRADO  
GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

# INDI Web Client

---

Desarrollo de un prototipo de cliente Web INDI para el  
control de instrumental astronómico

**Autor**

Pablo Torrecillas Ortega

**Tutor**

Prof. Dr. Sergio Alonso Burgos



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS INFORMÁTICA Y DE  
TELECOMUNICACIÓN

---

Granada, 11 de Diciembre de 2015









# INDI Web Client

---

Desarrollo de un prototipo de cliente Web INDI para el control de instrumental astronómico.

**Autor**

Pablo Torrecillas Ortega

**Tutor**

Prof. Dr. Sergio Alonso Burgos



# INDI Web Client: Desarrollo de un prototipo de cliente Web INDI para el control de instrumental astronómico

Pablo Torrecillas Ortega

**Palabras clave:** INDI, *Software* Libre, Cliente Web, Internet, Astronomía, Control, Prototipo, Navegador

## Resumen

Este proyecto ha sido realizado ante la necesidad de conseguir diferentes herramientas para el control de instrumental astronómico y facilitar el trabajo tanto a profesionales como a *amateurs* en el campo de la astronomía. Una vez analizado el estado del arte y los medios que se utilizan en este momento, se ha desarrollado un proyecto encaminado a conseguir los objetivos planteados a través de un prototipo de cliente web viniendo a completar de esta forma las diferentes aplicaciones que ya existen.

El objetivo del proyecto es poder realizar la función control de un observatorio astronómico situado en cualquier lugar del mundo con conexión a Internet.

Las tareas que se pueden realizar son las siguientes: recepción y procesamiento de datos de diferente naturaleza, envío de los mismos y cambio de parámetros y valores. Este trabajo viene a ser la base para otras funciones posteriores que se pueden desarrollar a partir del prototipo de cliente web realizado.

Para ello, se ha utilizado como punto de partida el protocolo INDI que ya se encuentra desarrollado. INDI es, a grandes rasgos, un protocolo que facilita el control en el tiempo y en el espacio, así como la adquisición de datos y el intercambio entre diferentes dispositivos *hardware* y sus interfaces *software*.

La utilización de este protocolo, lleva aparejado una enorme ventaja y es el poder emplear diferentes dispositivos obteniendo resultados con el mismo beneficio, independientemente de la naturaleza del dispositivo utilizado, abriéndose así un abanico de posibilidades ante el problema que se podría plantear si se tuviera que utilizar un dispositivo concreto y único, pues de esa forma se acotarían enormemente las posibilidades si no se cuenta con el dispositivo en cuestión y por tanto no se podría llevar a cabo la función control. Cabe destacar que este prototipo de cliente es multiplataforma y por tanto es capaz de ejecutarse en cualquier máquina que disponga de navegador web.

La aportación de este proyecto, basado en un prototipo de cliente web, es una nueva e importante posibilidad que viene a unirse a las ya existentes, complementando la forma de obtener resultados utilizando otras herramientas.

Dado que la difusión de Internet se hace ya de forma cotidiana y es fácil encontrar un punto de acceso al mismo, prácticamente en cualquier punto del planeta el astrónomo tanto *amateur* como profesional, solo necesitaría un navegador web y la conexión a Internet para poder trabajar y controlar todos los aspectos astronómicos que desee.

Este proyecto aporta una innovación de forma sencilla, rápida y poco costosa en la forma de trabajar en la obtención de datos y su posterior manipulación en el campo de la astronomía.

Hay que hacer justa mención al *software* libre y su filosofía pues han sido pilares básicos en el trabajo que hoy se presenta, ya que se han utilizado todas las herramientas de dicho *software* para el desarrollo del prototipo del cliente web.

Como conclusión, cabe destacar que este proyecto sienta las bases para conseguir llegar a ser un cliente web como producto final utilizando el trabajo desarrollado y que se iniciaba creando un prototipo de cliente web basado en INDI.



**Project Title: Project Subtitle**

First name, Family name (student)

**Keywords:** Keyword1, Keyword2, Keyword3, ....

**Abstract**

Write here the abstract in English.



---

Yo, **Pablo Torrecillas Ortega**, alumno de la titulación Grado de Ingeniería Informática de **Escuela Técnica Superior de Ingenierías Informática y de Telecomunicación de la Universidad de Granada**, con DNI XXXXXXXXX, autorizo la ubicación de la siguiente copia de mi Trabajo Fin de Grado en la biblioteca del centro para que pueda ser consultada por las personas que lo deseen.

Fdo: Pablo Torrecillas Ortega

Granada a 11 de diciembre de 2015.



---

D. **Sergio Alonso Burgos**, Profesor del Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad de Granada.

**Informa:**

Que el presente trabajo, titulado ***INDI Web Client, Desarrollo de un prototipo de cliente Web INDI para el control de instrumental astronómico***, ha sido realizado bajo su supervisión por **Pablo Torrecillas Ortega**, y autorizamos la defensa de dicho trabajo ante el tribunal que corresponda.

Y para que conste, expiden y firman el presente informe en Granada a 11 de diciembre de 2015.

**Tutor:**

**Prof. Dr. Sergio Alonso Burgos**



# Agradecimientos

Poner aquí agradecimientos...





# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>15</b>
1.1. Astronomía . . . . .	15
1.2. Observatorio e Instrumental Astronómico . . . . .	18
1.2.1. Telescopio . . . . .	18
1.2.2. Cámara CCD . . . . .	20
1.2.3. Montura . . . . .	21
1.2.4. Enfocador . . . . .	22
1.2.5. Rueda Portafiltros . . . . .	22
1.2.6. Cúpula . . . . .	23
1.2.7. Óptica Adaptativa . . . . .	23
1.2.8. Estación Meteorológica . . . . .	24
1.2.9. Controlador de Dispositivos . . . . .	25
1.3. Estado del arte: <i>Software</i> . . . . .	25



# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Astronomía

La astronomía es la ciencia que se ocupa del estudio de los cuerpos celestes del universo, los planetas y sus satélites, los cometas y meteoroides, las estrellas y la materia interestelar, los sistemas de materia oscura, estrellas, gas y polvo llamados galaxias y los cúmulos de galaxias, así como sus movimientos, los fenómenos ligados a ellos y las leyes que los rigen.

La palabra, como tal, proviene del latín astronomía. La astronomía ha formado parte de la historia de la humanidad considerándola como la ciencia más antigua. Civilizaciones como la azteca, la maya y la inca, así como la egipcia, la china y la griega alcanzaron un grado tal de conocimientos que son tenidos por fundamentales para la posterior evolución de esta disciplina, considerándola como esencial para otras ciencias como la matemática o la física.

Su registro y la investigación de su origen se produce a partir de la información que llega de ellos a través de la radiación electromagnética o de cualquier otro medio.

Es una de las pocas ciencias en las que los *amateurs* también pueden desempeñar un papel activo, especialmente en el descubrimiento y seguimiento de fenómenos como curvas de luz de estrellas variables, descubrimiento de asteroides y cometas, etc.

En sus inicios, la astronomía tenía una aplicación práctica para conocer los ciclos de los astros y establecer medidas de tiempo que permitieran determinar, entre otras cosas, el momento propicio para la siembra y la cosecha. En los pueblos antiguos, los astros se consideraban como divinidades y el estudio de sus posiciones resultaba esencial para determinar sus influen-

cias sobre los acontecimientos terrenales. Por este conjunto de razones la astronomía fue, en todas las civilizaciones del pasado, una ciencia tanto al servicio del poder civil como del religioso.

Antiguamente se ocupaba, únicamente, de la observación y predicciones de los movimientos de los objetos visibles a simple vista, quedando separada durante mucho tiempo de la Física. En Sajonia-Anhalt, Alemania, se encuentra el famoso Disco celeste de Nebra, que es la representación más antigua conocida de la bóveda celeste. Quizá fueron los astrónomos chinos quienes dividieron, por primera vez, el cielo en constelaciones. Los antiguos griegos hicieron importantes contribuciones a la astronomía, entre ellas, la definición de magnitud. La astronomía precolombina poseía calendarios muy exactos y parece ser que las pirámides de Egipto fueron construidas sobre patrones astronómicos muy precisos.

Fue probablemente Eratóstenes quien diseñara la esfera armilar que es un astrolabio para mostrar el movimiento aparente de las estrellas alrededor de la tierra.

La astronomía observacional estuvo casi totalmente estancada en Europa durante la Edad Media, a excepción de algunas aportaciones como la de Alfonso X el Sabio con sus tablas alfonsíes, o los tratados de Alcabitus, pero floreció en el mundo con el Imperio persa y la cultura árabe. Al final del siglo X, un gran observatorio fue construido cerca de Teherán (Irán), por el astrónomo persa Al-Khujandi, quien observó una serie de pasos meridianos del Sol, lo que le permitió calcular la oblicuidad de la eclíptica. También en Persia, Omar Khayyam elaboró la reforma del calendario que es más preciso que el calendario juliano acercándose al Calendario Gregoriano.

Durante siglos, la visión geocéntrica de que el Sol y otros planetas giraban alrededor de la Tierra no se cuestionó. En el Renacimiento, Nicolás Copérnico propuso el modelo heliocéntrico del Sistema Solar. Su trabajo *De Revolutionibus Orbium Coelestium* fue defendido, divulgado y corregido por Galileo Galilei y Johannes Kepler, autor de *Harmonices Mundi*, en el cual se desarrolla por primera vez la tercera ley del movimiento planetario.

Galileo añadió la novedad del uso del telescopio para mejorar sus observaciones. La disponibilidad de datos observacionales precisos llevó a indagar en teorías que explicasen el comportamiento observado. Al principio sólo se obtuvieron reglas como las leyes del movimiento planetario de Kepler, descubiertas a principios del siglo XVII.

Fue Isaac Newton quien extendió hacia los cuerpos celestes las teorías de la gravedad terrestre y conformando la Ley de la gravitación universal,

inventando así la mecánica celeste, con lo que explicó el movimiento de los planetas y consiguiendo unir el vacío entre las leyes de Kepler y la dinámica de Galileo. Esto también supuso la primera unificación de la astronomía y la física.

Tras la publicación de los Principios Matemáticos de Isaac Newton (que también desarrolló el telescopio reflector), se transformó la navegación marítima. A partir de 1670, utilizando instrumentos modernos de latitud y los mejores relojes disponibles se ubicó cada lugar de la Tierra en un planisferio o mapa, calculando para ello su latitud y su longitud. Los requerimientos de la navegación supusieron un empuje para el desarrollo progresivo de observaciones astronómicas e instrumentos más precisos, constituyendo una base de datos creciente para los científicos.

A finales del siglo XIX se descubrió que, al descomponer la luz del Sol, se podían observar multitud de líneas de espectro, regiones en las que había poca o ninguna luz.

Se descubrió que las estrellas eran objetos muy lejanos y con el espectroscopio se demostró que eran similares al Sol, pero con una amplia gama de temperaturas, masas y tamaños. La existencia de la Vía Láctea como un grupo separado de estrellas no se demostró hasta el siglo XX, junto con la existencia de galaxias externas y, poco después, la expansión del universo, observada en el efecto del corrimiento al rojo. La astronomía moderna también ha descubierto una variedad de objetos exóticos como los quásares, púlsares, radiogalaxias, agujeros negros, estrellas de neutrones, y ha utilizado estas observaciones para desarrollar teorías físicas que describen estos objetos.

Durante el siglo XX, la espectrometría avanzó, en particular, como resultado del nacimiento de la física cuántica, necesaria para comprender las observaciones astronómicas y experimentales.

La astronomía moderna se divide en varias ramas: astrometría, el estudio mediante la observación de las posiciones y los movimientos de estos cuerpos; mecánica celeste, el estudio matemático de sus movimientos explicados por la teoría de la gravedad; astrofísica, el estudio de su composición química y su condición física mediante el análisis espectral y las leyes de la física, y cosmología, el estudio del Universo como un todo.

## 1.2. Observatorio e Instrumental Astronómico

La denominación y el edificio conocido como Observatorio Astronómico, lugar desde donde se estudian y controlan los cambios, los movimientos y las leyes que rigen los astros, ha sufrido grandes cambios con el paso del tiempo. En la antigüedad, dado que la astronomía estaba ligada a la religión y por tanto a los templos, estos eran los lugares que servían para hacer de ellos observatorios astronómicos.

Fue ya en la Edad Media cuando el observatorio comenzó a ser un lugar en el cual se reunían los astrónomos y en él se fueron disponiendo los diferentes instrumentos o herramientas que facilitaban el estudio de aquellas personas, profesionales o *amateurs*, que se dedicaban a esta disciplina. Después de las primeras décadas del siglo XX, los astrónomos se veían en la obligación de alejarse de la ciudad debido a la contaminación lumínica y química que en ella se produce. Es en este momento histórico cuando comenzaron a construirse los observatorios astronómicos, siguiendo en la actualidad ubicándose en lugares desérticos y elevados para conseguir trabajar con un cielo oscuro, libre de contaminación lumínica y consiguiendo que el número de días serenos sea más elevado.

Por otra parte, se denomina instrumental astronómico al conjunto de instrumentos a disposición del astrónomo para complementar y facilitar sus observaciones. A continuación, se pasa a describir parte del instrumental más importante que podemos encontrar en un observatorio.

### 1.2.1. Telescopio

El telescopio es un instrumento cuya función principal es recoger la luz de un objeto lejano y ampliarlo. Está considerado como el artífice de la astronomía moderna.

Históricamente se le atribuye el descubrimiento a Hans Lippershey que era un fabricante de lentes, alemán, que también era científico, astrónomo e inventor.

Cuando Galileo Galilei escuchó la noticia de la creación del telescopio, decidió diseñar y construir uno, y en 1609 lo registró como el primer telescopio astronómico. Gracias a él, se pudo llevar a cabo la destacada observación del día 7 de enero de 1610 donde se pudieron observar la existencia de cuatro de las lunas de Júpiter girando entorno al planeta.

En un principio el nombre que se le puso al instrumento fue de “lente espía”, y el 14 de abril de 1611 Giavanni Demisiani propuso el nombre de telescopio durante una cena que se brindó en honor a Galileo. Galileo decidió llevar a



Figura 1.1: Telescopio Astronómico (Figura original: <http://blog.astroaficion.com/>)

esa cena el telescopio y los comensales pudieron observar las lunas de Júpiter. El nombre por el que se conoce este instrumento, Telescopio, proviene del griego con el prefijo tele que significa “lejos” y se le añade la raíz griega skop que significa “ver”.

Además de poder ampliar los objetos lejanos para verlos con mayor detalle, gracias al telescopio se pueden observar cuerpos celestes de débil luminosidad y que son invisibles a simple vista, ya que el objetivo del telescopio es capaz de percibir más luz que el ojo humano. Cuanto mayor es el diámetro del objetivo, más luz capta. Dicho diámetro suele referenciarse como la “apertura del telescopio” y de ello depende el poder que tenga de resolución el objetivo y por tanto el telescopio.

Los primeros telescopios que se consolidaron fueron los de tipo kepleriano que disponían de unas longitudes focales de hasta 30 o 40 centímetros, con el objetivo de conseguir grandes aumentos. A principios del siglo XVIII comenzaron a fabricarse los telescopios con lente y un espejo cóncavo a su vez. A partir de ese momento comenzó un debate sobre los telescopios, su utilidad y cual de ellos ofrecía mayor precisión, ya que existían dos tipos, los telescopios reflectores, en los que la luz es reflejada y dirigida hacia el foco, y los telescopios refractores, en donde la luz es refractada pasando por el objetivo.

A mediados del siglo XX se terminó la disputa cuando triunfaron de manera definitiva los telescopios reflectores.

### 1.2.2. Cámara CCD



Figura 1.2: Cámara CCD (<http://bitran.co.jp/>)

Las siglas de cámara CCD (*Charge-Coupled Device*) proceden del inglés y significan dispositivo de carga acoplada. Los primeros dispositivos que se crearon fueron inventados por Willard Boyle y George E. Smith, el 17 de octubre de 1969 dentro de los laboratorios Bell y ambos fueron distinguidos recientemente con el Premio Nobel de Física, en el año 2009, gracias a los dispositivos CCD.

Dicha cámara funciona como un detector de estado sólido. Este funcionamiento hace que la cámara sea muy eficiente ya que hace mucho más fácil la obtención y el procesamiento de las imágenes astronómicas. La cámara CCD funciona como un conjunto de circuitos eléctricos de condensadores enlazados y acoplados que son sensibles a la radiación electromagnética. Estos condensadores pueden transferir su carga eléctrica a uno o varios condensadores que se encuentren a su lado en el circuito impreso. El CCD registra la ubicación de cada fotodiodo sobre el que incide un fotón de rayos X. Un fotón es un paquete que contiene radiación electromagnética. A su vez, el CCD es capaz de registrar la energía que depende de su frecuencia, y por tanto, de su longitud de onda.

Los sensores CCD tienen una estructura de células que son sensibles a la luz en forma de mosaico y a cada una de esas células se le llama *píxel*. Cada *píxel* es una estructura detectora en la cual se pueden almacenar fotones. Desde el CCD la imagen es procesada por la cámara y a su vez registrada en la tarjeta de memoria.





Figura 1.3: Montura (<http://astrofacil.com/>)

### 1.2.3. Montura

La montura es la parte mecánica. Sirve como estructura para montar y sujetar el tubo del telescopio y así poder realizar la operación de enfoque para poder detectar y seguir a un cuerpo celeste. Se requiere que la montura sea de mucha firmeza y a su vez tenga mucha suavidad en los movimientos para poder conseguir que las observaciones sean perfectas.

Existen varios tipos de monturas entre las que destacan: Altacimutales y Ecuatoriales.

La montura altacimutal es aquella que hace referencia al sistema de coordenadas celestes altacimutales. Requiere un continuo ajuste ya que tienen absoluta libertad para moverse en altura (de arriba hacia abajo) y en acimut (de derecha a izquierda).

La montura ecuatorial es aquella que hace referencia al sistema de coordenadas celestes ecuatoriales. Tiene un eje ecuatorial que está alineado con el eje terráqueo y algunas de estas monturas pueden disponer de un pequeño motor capaz de realizar un giro completo en 24 horas. Dispone además de otro eje, llamado declinación y es regular al primero.

Cuando se encuentra enfocado un astro y el motor se ha accionado, el tubo del telescopio sigue automáticamente el movimiento de la bóveda celeste y el objeto enfocado permanecerá fijo en el interior del campo visual del teles-

copio. Por este motivo tan importante, la montura ecuatorial es muy eficaz en la astronomía ya que permite exposiciones muy prolongadas.

#### 1.2.4. Enfocador



Figura 1.4: Enfocador (<http://tienda.lunatico.es/>)

El enfocador es una de las piezas fundamentales del telescopio ya que gracias a él, nos permitirá ver las imágenes formadas tras la reflexión de la luz en el espejo primario y su desviación por el espejo secundario.

Para ver las imágenes se necesitará un juego de oculares. La combinación de la longitud focal de los oculares y la longitud focal del telescopio, nos dará como resultado el número de aumentos total que tenemos en nuestro sistema.

Uno de los enfocadores más populares que existe actualmente en el mercado es el de tipo *Crayford*. Estos enfocadores son bastante caros ya que tienen una relación de velocidad alta que mejora el ajuste de enfoque.

#### 1.2.5. Rueda Portafiltros

La rueda portafiltros es un objeto, generalmente de aluminio, que contiene en su interior filtros diferentes para poder cambiar de forma eficaz la visual o la astrofotografía. No hace falta quitar la cámara para cambiar el filtro ya que tan solo con un pequeño giro en la rueda se selecciona el filtro poniéndose en el lugar correcto y se puede seguir observando.

Como mínimo, se requiere que tenga cuatro filtros si se quiere realizar astrofotografía con cámaras CCD blanco y negro. Para ello, se necesitarán el filtro azul, el filtro rojo y el filtro verde (RGB), y posiblemente un filtro para los infrarrojos.



Figura 1.5: Rueda Portafiltros (<http://astrocity.es/>)

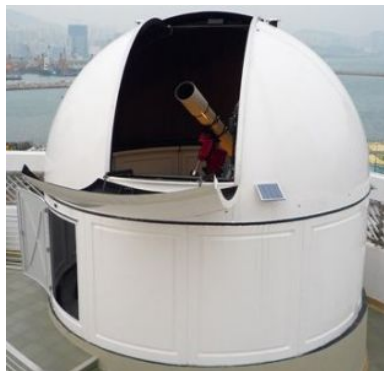


Figura 1.6: Cúpula Astronómica (<http://apt.com.es/>)

### 1.2.6. Cúpula

Una cúpula es una estructura principalmente semiesférica o de techo deslizante. La cúpula permite alojar en su interior el instrumental astronómico y protegerlo. Ya sea de un tipo u otro, está formada por una o más escotillas que permiten su abertura y, de esta forma, poder realizar una observación.

### 1.2.7. Óptica Adaptativa

La óptica adaptativa es una técnica que permite, mediante el uso de óptica deformable, corregir en tiempo real los defectos que vienen de la atmósfera terrestre en la imagen observada con el telescopio. Es una técnica muy importante para todos los astrónomos ya que se pueden obtener



Figura 1.7: Óptica Adaptativa (<http://www.valkanik.com/>)

imágenes mucho más nítidas. Un símil que hacen muchos astrónomos para entender esto es que la técnica es comparable con mirar un objeto situado en el fondo de una piscina con agua y sin agua.

La óptica adaptativa es capaz de eliminar las perturbaciones y por tanto equivaldría a observar desde el espacio. Ganar nitidez con la óptica en las imágenes significa concentrar en un menor número de puntos sensibles del detector los pocos fotones que llegan de los objetos débiles o lejanos y eso es, dicho con otras palabras, que la posibilidad de verlos es mayor.

### 1.2.8. Estación Meteorológica



Figura 1.8: Estación Meteorológica (<http://comprawifi.com/>)

Una estación meteorológica es una instalación cuya función principal es medir y registrar diversos datos meteorológicos. Dichos datos se utilizan para elaborar predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos.

A su vez, la estación está formada por sensores e instrumentos que sirven para la obtención de todos los datos entre los que destacan el termómetro, el barómetro, el pluviómetro, el psicrómetro o la veleta.

### 1.2.9. Controlador de Dispositivos

Hoy en día, en los observatorios, se pueden controlar los diversos instrumentos de un observatorio de diferentes formas como pueden ser:

- Controlados directamente desde el propio dispositivos.
- Mediante el uso de un PC y desde ahí se controlarían todos los aspectos.
- Mediante el uso de herramientas de control remoto. En este caso situarían al astrónomo en un lugar fuera del observatorio y desde ese lugar se podrían controlar los diferentes dispositivos que permitan realizar el trabajo del astrónomo.

## 1.3. Estado del arte: *Software*



