

REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA EN SAN FERNANDO
BOLETÍN ROA N.º 1/2017



**ACTUALIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS
PRESTACIONES EN EL ALMANAQUE NÁUTICO
PARA PC, ANDI**

**Fundación Alvargonzález
Real Instituto y Observatorio de la Armada**



MINISTERIO DE DEFENSA

Justo Manuel Fuentes Meléndez



REAL INSTITUTO Y OBSERVATORIO DE LA ARMADA

FUNDACIÓN ALVARGONZÁLEZ

Actualización e implementación de nuevas
prestaciones en el Almanaque Náutico para
PC, ANdi

Justo Manuel Fuentes Meléndez
Sección Efemérides



MINISTERIO
DE DEFENSA

CATÁLOGO GENERAL DE PUBLICACIONES OFICIALES

<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

Edita:



<https://publicaciones.defensa.gob.es/>

© Autor y editor, 2017

NIPO: 083-17-129-5 (impresión bajo demanda)

NIPO: 083-17-130-8 (edición en línea)

Fecha edición: julio 2017

Las opiniones emitidas en esta publicación son de la exclusiva responsabilidad del autor de la misma.

Los derechos de explotación de esta obra están amparados por la Ley de la Propiedad Intelectual. Ninguna de las partes de la misma puede ser reproducida, almacenada ni transmitida en ninguna forma ni por medio alguno, electrónico, mecánico o de grabación, incluido fotocopias, o por cualquier otra forma, sin permiso previo, expreso y por escrito de los titulares del © *Copyright*.

Foto portada:

Fachada del Edificio Principal del Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando (siglo XVIII).

Resumen

Este documento presenta el desarrollo de la mejora de la aplicación para ordenador Almanaque Náutico Digital “ANdi”. Este programa sirve al marino como complemento informático del “Almanaque Náutico”, publicación editada anualmente por el Real Instituto y Observatorio de la Armada. En este programa se encuentran datos de posición de los astros durante un año natural, desde el 2000 hasta el 2050, así como otra información de interés para el navegante. Además, dicha aplicación permite realizar tareas de cálculo para navegación loxodrómica, ortodrómica etc. y permite resolver automáticamente diferentes problemas astronómicos que facilitan la posición del observador en la mar mediante la observación de astros.

Palabras clave: Navegación, Astros, Localización, Loxodrómica, Ortodrómica, Cielo, Posición.

Índice

1	Introducción	9
1.1	Objetivo y alcance del proyecto	9
1.2	Glosario de términos	9
1.3	Organización del documento	13
2	Investigación	15
2.1	Secciones	16
2.1.1	Geofísica	16
2.1.2	Hora	16
2.1.3	Astronomía	17
2.1.4	Efemérides	17
2.2	Almanaque Náutico para PC. ANdi	18
2.3	¿Por qué es importante el ANdi? La navegación astronómica	19
3	Planificación	22
3.1	Metodología de desarrollo	22
3.2	Planificación del proyecto	23
3.2.1	Estimación de tiempo	23
3.2.2	Diagrama de Gantt	23
4	Requerimientos del sistema	24
4.1	Situación actual	24
4.2	Objetivo del sistema	24
4.3	Catálogo de requerimientos	25
4.3.1	Requerimientos funcionales	25
4.3.2	Información requerida	26
4.3.3	Requisitos no funcionales	27
4.4	Requisitos de la interfaz externa	28
4.5	Requisitos de ejecución	28
4.6	Soluciones alternativas	29
4.7	Solución propuesta	29
4.7.1	Interfaz externa	29
4.7.2	Lógica del programa	29
5	Análisis del sistema	30
5.1	Descripción de las funcionalidades	32
5.2	Interfaz de usuario	55
6	Diseño del sistema	74
6.1	Diseño de la arquitectura	74
6.1.1	Arquitectura lógica	74
6.1.2	Arquitectura física	74
7	Implementación del sistema	75
7.1	Entorno tecnológico	75
7.2	Aplicaciones para la gestión de la información	75

7.3	Código fuente	76
8	Pruebas	78
8.1	Pruebas de caja blanca y caja negra	78
8.1.1	Valores límite	78
8.1.2	Funcionalidad de los botones y apariencia	78
9	Manual de instalación	79
9.1	Introducción	79
9.2	Requisitos previos	79
9.3	Instalación	80
10	Conclusiones	83
10.1	Objetivos logrados	83
10.2	Lecciones aprendidas	83
11	Trabajo futuro y posibles mejoras	84
A	Manual de usuario	86
A.1	Introducción	86
A.2	Descripción general	87
A.2.1	Generalidades	87
A.2.2	Prestaciones del ANdi	88
A.2.3	Manejo de la interfaz de usuario	89
A.3	Cálculos con el ANdi	90
A.3.1	Preliminares	90
A.3.1.1	Actualización de datos	90
A.3.2	Fenómenos de Sol	92
A.3.3	Fenómenos de Luna	94
A.3.4	Preparación de la observación	95
A.3.4.1	Paso por el meridiano del lugar	95
A.3.4.2	Observación de los crepúsculos	96
A.3.4.3	Cielo a una hora	97
A.3.5	Reducción de observaciones	98
A.3.5.1	Determinante Punto Aproximado	98
A.3.5.2	Latitud por altura meridiana	100
A.3.5.3	Latitud por altura circunmeridiana	101
A.3.5.4	Latitud por la Polar	102
A.3.5.5	Coordenadas	102
A.4	Sobre la ocurrencia de fenómenos	104
A.4.1	El “haz” o los tres problemas básicos	104
A.4.2	Condiciones geométricas de paso por un almicantarat. Fenómenos de Sol	105
A.4.3	Fenómenos en una fecha	108
A.5	Catálogo	110

Agradecimientos

Agradecer al Teniente de navío Sergio Borrallo Tirado toda la ayuda ofrecida durante mi colaboración con el ROA con sus explicaciones y completa disponibilidad ante cualquier duda que tuviera.

1. Introducción

Esta sección describe el alcance del actual proyecto. También provee un glosario de términos y la organización del documento.

1.1. Objetivo y alcance del proyecto

Este producto está diseñado para ser usado por cualquier persona que desee consultar información sobre diferentes astros (Sol, Luna, planetas y estrellas), y está pensado principalmente para el marino que desee calcular, entre otras cosas, su ubicación en la mar mediante datos astronómicos.

Es una aplicación con muchas posibilidades a largo plazo ya que a priori se presenta una aplicación para PC pero esta misma podría ser desarrollada para otras plataformas como Android, iOS o Linux.

Aparte de que se pueda desarrollar en otras plataformas, la aplicación ofrece más posibilidades con respecto a los cálculos cabiendo la posibilidad añadir mapas y otro tipo de mejoras en base a nuevos cálculos.

1.2. Glosario de términos

Se incluye a continuación una lista de términos específicos del dominio del problema.

- **acimut**: distancia angular medida sobre el **horizonte** desde un punto de referencia (generalmente el Norte o el Sur) hasta el **vertical** del astro.
- **altura**: distancia esférica del **horizonte** al astro. Se mide sobre el vertical del astro y es positiva cuando el astro está por encima del horizonte y negativa en caso contrario. Su valor absoluto es menor o igual que 90° . La altura es el complemento de la **distancia cenital**.
- **altura aparente**: es la **altura observada** corregida por **depresión del horizonte** para referirla al horizonte verdadero.
- **altura observada**: es la altura resultante de la observación, medida desde el **horizonte del mar** y una vez aplicadas las correcciones instrumentales.
- **altura verdadera**: es la altura del centro del astro medida desde el centro de la Tierra y es considerando que no existe atmósfera. Se obtiene a partir de la **altura aparente** y corrigiendo por **semidiámetro**, **refracción** y **paralaje**.
- **ángulo horario**: distancia angular medida hacia el O sobre el **ecuador celeste**, desde el **meridiano superior del lugar** hasta el **círculo horario** del astro.

- **ángulo sidéreo:** distancia angular medida hacia el O sobre el ecuador celeste, desde Aries hasta el círculo horario del astro.
- **Aries:** es el **equinoccio** en el cual el Sol pasa del hemisferio celeste sur al hemisferio celeste norte. Debido a la **precesión**, Aries retrograda sobre la eclíptica 50,29" por año.
- **cenit:** corte de la prolongación de la línea de la plomada con el hemisferio visible de la **esfera celeste**.
- **círculo horario:** círculo máximo de la **esfera celeste** que pasa por los **polos celestes**.
- **constelación:** grupo de estrellas que sirve para identificar una zona de la **esfera celeste**. Las constelaciones suelen distinguirse con nombres mitológicos, de animales u objetos.
- **crepúsculo:** periodo de tiempo específico, ya sea durante la salida de Sol o la puesta del Sol. No es una cantidad fija de minutos. En latitudes ecuatoriales duran muy poco (el Sol cae o sube "verticalmente" por lo que los crepúsculos duran menos) y en latitudes más altas duran más (el sol cae o sube "oblicuamente"). De igual modo, en verano (en el hemisferio norte) duran menos, y en invierno duran más.
- **declinación:** distancia esférica del **ecuador celeste** al astro. Se mide sobre un **círculo horario** y es positiva cuando el astro está al norte del ecuador y negativa en caso contrario. Su valor absoluto es menor o igual que 90°.
- **depresión del horizonte:** ángulo formado por el **horizonte verdadero** y el **horizonte del mar**.
- **distancia cenital:** distancia esférica del **cenit** al astro. Se mide sobre el **vertical** del astro y es el complemento de la **altura**.
- **eclíptica:** trayectoria aparente del Sol sobre la **esfera celeste**.
- **ecuador celeste:** círculo máximo de la **esfera celeste** perpendicular a la línea que une los **polos celestes**.
- **edad:** número de días y fracción de día transcurridos desde la última luna nueva (ver **fases de la Luna**). Varía de 0 a 29.5 que es la duración de una **lunación**.
- **efemérides:** secuencia ordenada para un número de fechas de las posiciones de los objetos celestes.
- **equinoccio:** cada uno de los puntos de corte de la **eclíptica** con el **ecuador celeste**.

- **esfera celeste:** esfera imaginaria de radio arbitrario y centro en el observador, sobre la que se proyectan los astros para estudiar sus posiciones relativas.
- **fases de la Luna:** diversos aspectos de la Luna que se suceden cíclicamente. La luna nueva, el cuarto creciente, la luna llena y el cuarto menguante son los instantes en que la diferencia entre las **longitudes eclípticas** de la Luna y el Sol es respectivamente 0° , 90° , 180° y 270° .
- **hora oficial:** hora que se establece oficialmente por motivos fundamentalmente económicos y que suele diferir del **Tiempo Universal Coordinado (UTC)** en un número entero de horas. Es la hora del reloj.
- **horizonte (verdadero):** plano que contiene al observador y es ortogonal a la línea **cenit-nadir**. La intersección de dicho plano con la **esfera celeste** es un círculo máximo también denominado horizonte.
- **horizonte de la mar:** círculo menor determinado por el corte de la **esfera celeste** con las visuales desde el observador a la superficie de la Tierra. Divide la esfera celeste en los hemisferios visible e invisible y depende de la elevación del observador y de la **refracción**.
- **limbo:** borde aparente del Sol, la Luna o un planeta con disco apreciable.
- **longitud eclíptica:** distancia angular medida sobre la eclíptica, desde Aries hacia el E, hasta el círculo máximo que pasa por los polos de la eclíptica y el astro.
- **lunación:** período entre dos lunas nuevas consecutivas (ver **fases de la Luna**). Su duración es aproximadamente 29.5 días.
- **magnitud estelar:** medida del brillo de un objeto celeste, que puede ser positiva o negativa, considerado como un foco puntual. Se utiliza una escala logarítmica donde los menores valores corresponden a los astros más brillantes. Comúnmente se conocen como astros de *primera magnitud* aquellos cuya magnitud estelar es menor que 1.5, de *segunda magnitud* entre 1.6 y 2.5, de *tercera magnitud* entre 2.6 y 3.5, y así sucesivamente. A medida que el valor de la magnitud es más pequeña, significa que es más brillante. Como estrella 0 de referencia se tomó *Alfa Centauri*.
- **meridiano del lugar:** círculo máximo que pasa por los **polos celestes** y contiene al **cenit** y **nadir**. El meridiano del lugar también es un **vertical**. La línea de los polos divide al meridiano del lugar en el meridiano superior del lugar, que contiene al **cenit**, y el meridiano inferior del lugar que contiene al **nadir**.
- **nadir:** punto de la **esfera celeste** diametralmente opuesto al **cenit**.

- **nutación:** oscilaciones de corto período en el movimiento del polo debidas al par producido por fuerzas gravitacionales externas. Este efecto se debe principalmente a la influencia de la Luna y el Sol.
- **oblicuidad de la eclíptica:** ángulo que forma el plano que contiene a la **eclíptica** con el plano que contiene el **ecuador celeste**.
- **ocaso:** instante en el que un astro corta al **horizonte** pasando del hemisferio visible al invisible.
- **orto:** instante en el que un astro corta al **horizonte** pasando del hemisferio invisible al visible.
- **paralaje diurno:** diferencia entre las posiciones topocéntrica y geocéntrica de un objeto, es decir, el ángulo subtendido desde el objeto por el radio terrestre del observador.
- **paralaje anual:** Máximo valor aparente que puede adquirir la posición de una estrella dada en el transcurso de un año debido a la posición variable de la Tierra en su órbita alrededor del Sol y que corresponderá al momento en la longitud eclíptica de la estrella, que es siempre constante, difiera 90° de la longitud eclíptica de la Tierra, que varía constantemente.
- **polos celestes:** puntos de corte con la **esfera celeste** de la prolongación del eje de rotación de la Tierra.
- **precesión:** movimiento uniforme de largo período al que está sometido el eje de rotación terrestre debido a la atracción gravitacional del Sol, la Luna y los planetas sobre la Tierra.
- **puesta:** instante en el cual se oculta tras el **horizonte** un astro con **limbo** observable. En el caso del Sol, el ANdi calcula el instante en que el punto central del disco tiene **distancia cenital** de $90^\circ 50'$. Esta cantidad se obtiene suponiendo unos valores estándar para la **refracción** en el horizonte de $34'$ y para el **semidiámetro** de $16'$. En el caso de la Luna la **distancia cenital** correspondiente es de $90^\circ 34' + s - \pi$, donde s es el **semidiámetro** de la Luna y π es la **paralaje**.
- **refracción:** ángulo que forman las direcciones verdadera y observada de un objeto celeste debido al cambio de dirección en la trayectoria que sigue un rayo de luz al pasar oblicuamente a través de la atmósfera.
- **salida:** instante en el cual comienza a aparecer sobre el horizonte un astro con **limbo** observable. En el caso del Sol, el ANdi calcula el instante en que el punto central del disco tiene **distancia cenital** de $90^\circ 50'$. Esta cantidad se obtiene de suponer unos valores estándar para la **refracción** en el horizonte de $34'$ y para el **semidiámetro** de $16'$. En el caso de la Luna la **distancia cenital** correspondiente es de $90^\circ 34' + s - \pi$, donde s es el **semidiámetro** de la Luna y π es la **paralaje**.

- **segundo del sistema Internacional**: duración de 9.192.631.770 períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de Cesio 133.
- **segundo intercalar**: un segundo que en ocasiones es necesario añadir al **Tiempo Universal Coordinado** para que la diferencia con el **Tiempo Universal** se mantenga inferior a 0.9 segundos. Convencionalmente, de ser necesaria esta corrección se efectuará a finales de junio o diciembre.
- **semidiámetro**: ángulo desde el observador subtendido por el radio ecuatorial de un astro con disco observable.
- **Tiempo Atómico Internacional (TAI)**: escala internacional de referencia proporcionada por la Oficina Internacional de Pesas y Medidas a partir de los relojes atómicos que mantienen los laboratorios de tiempo de varios países. La unidad fundamental del TAI es el **segundo del Sistema Internacional**.
- **tiempo sidéreo: ángulo horario de Aries**. Es una medida de la rotación de la Tierra con respecto a las estrellas.
- **Tiempo Universal (UT)**: medida del tiempo que se ajusta al movimiento diurno medio del Sol y cuyo valor se deduce del **tiempo sidéreo** mediante una fórmula matemática. Debido a la irregularidad de la velocidad de rotación de la Tierra no es una escala uniforme, por lo que para datar acontecimientos científicos se utiliza el **Tiempo Atómico Internacional**.
- **Tiempo Universal Coordinado (UTC)**: escala de tiempo que se emite por radiodifusión a través de las señales horarias y que difiere del **Tiempo Atómico Internacional** en un número entero de segundos. La vida diaria está regulada por el movimiento del Sol, al cual se ajusta el **Tiempo Universal (UT)**. Mediante la introducción, cuando corresponda, de un **segundo intercalar** en el UTC, la diferencia con la escala UT se mantiene inferior a 0,9 segundos.
- **vertical**: círculo máximo de la **esfera celeste** que pasa por el **cenit** y el **nadir**.

1.3. Organización del documento

Este documento provee toda la documentación del proyecto. En él se incluyen aspectos como:

- Planificación
- Requerimientos y análisis de la aplicación.
- Diseño y construcción de la aplicación
- Pruebas

- Manual de instalación
- Conclusión y futuros avances.

2. Investigación

El Real Instituto y Observatorio de la Armada es un centro científico de investigación y difusión cultural perteneciente a la Armada Española y situado en la localidad de San Fernando(Cádiz). Cumple las funciones específicas de observatorio astronómico y geofísico, además de ser un centro de formación superior para el personal científico de la Marina de Guerra Española y de contar con una biblioteca que alberga 30.000 volúmenes. Considerado el centro científico moderno más antiguo de España y uno de los más importantes del mundo, el Real Instituto y Observatorio de la Armada constituyó uno de los más importantes ejemplos de la arquitectura neoclásica en el entorno de Cádiz.

Sus orígenes se deben al marino y científico Jorge Juan y Santacilia, que, a mediados del siglo XVIII, propuso al Marqués de la Ensenada la creación de un observatorio astronómico en el Castillo de la Villa (Cádiz), por entonces sede de la Academia de Guardias Marinas, con el objetivo de enseñar a los futuros oficiales la ciencia de la astronomía, tan importante para la navegación.

El proyecto de la creación del actual observatorio se debe al Marqués de Ureña, trasladándose a finales de siglo a su actual emplazamiento. A lo largo del siglo XVIII, tuvieron una gran influencia en el observatorio personajes tan conocidos como José Sánchez Cerquero o Cecilio Pujazón. A lo largo de estos años el ROA se ha dedicado a tareas de vital importancia para la ciencia y la Armada española, como el cálculo de las efemérides y la publicación del Almanaque Náutico, el Curso de Estudios Superiores, el Depósito de Cronómetros e Instrumentos de la Marina, las observaciones meteorológicas, sísmicas y magnéticas y la determinación científica de la hora.

Sus misiones principales son:

- Observatorio astronómico y geofísico.
- Investigación en aquellos campos de la ciencia físico-matemática que se juzguen de interés para la Marina.
- Proporcionar formación científica superior al personal de la Armada Española.
- Calcular y difundir la hora legal oficial de España UTC (conocida como Hora ROA). EL ROA mantiene el patrón nacional de la unidad básica de tiempo (el segundo) y la escala de Tiempo Universal Coordinado UTC (ROA).

2.1. Secciones

El Real Instituto y Observatorio de la Armada se divide en cuatro secciones principales. Haré un pequeño resumen de todas ellas, pero me centraré más en la sección de Efemérides, puesto que es la sección dentro de la cual he desarrollado el proyecto.

2.1.1. Geofísica

Se entiende por Geofísica la ciencia que estudia los aspectos físico - matemáticos de los fenómenos relacionados con la Tierra. De las diferentes disciplinas que abarca, en la Sección de Geofísica de este Observatorio se trabaja de forma asidua en Geomagnetismo, Sismología, Geodesia y Meteorología, radicando en ella el Observatorio Geofísico de la Armada. Se estructura en tres servicios principales: sismología, geomagnetismo y satélites, además del trabajo propio de la meteorología.

2.1.2. Hora

La Sección de Hora del Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando (ROA), mantiene el patrón de la unidad básica de tiempo y la escala de Tiempo Universal Coordinado UTC(ROA).

El Real Decreto 1308/1992, de 23 de octubre, declara al laboratorio del ROA, encuadrado en esta Sección, como laboratorio asociado al Centro Español de Metrología en el campo metrológico del tiempo y de la frecuencia, y al patrón que allí se mantiene como “patrón nacional de la unidad básica de tiempo”. Este real decreto también establece la escala UTC(ROA) como base de la hora legal española. El laboratorio de Hora del ROA es el responsable, en el nombre del Estado, de la custodia, conservación, mantenimiento y difusión del patrón nacional de la unidad básica de tiempo.

Para desempeñar esta misión, la Sección de Hora del ROA está constituida por tres Servicios: Hora, Electrónica y Calibración y Cronometría Naval.

2.1.3. Astronomía

La Sección de Astronomía ha tenido por misión desde la fundación del Observatorio la realización de las observaciones y estudios teóricos de posiciones de estrellas y astros del sistema solar. En un principio las que eran necesarias para la publicación del Almanaque Náutico y las Efemérides Astronómica y posteriormente, al ampliarse sus objetivos, todas aquellas que eran posibles efectuar con sus instrumentos y métodos de trabajo, principalmente las recomendadas por la Unión Astronómica Internacional.

El campo de investigación prioritario de la Sección es por tanto la Astrometría. Nuevas técnicas instrumentales, de cálculo e investigación se han ido incorporando en el transcurso del tiempo en un esfuerzo incesante de mantener al Real Instituto y Observatorio de la Armada (ROA) en la vanguardia de la ciencia astronómica. En este proceso de modernización continua ha sido de principal relevancia tanto las colaboraciones nacionales como internacionales.

Para conseguir sus objetivos la Sección de Astronomía se divide en tres servicios: Astrometría de Gran Campo, Astronomía Solar y Astrometría Meridiana.

2.1.4. Efemérides

La Sección de Efemérides es la más antigua de las cuatro con que en la actualidad cuenta el Observatorio. Sus orígenes se remontan a 1794, año en que se crea la Oficina de Efemérides, consolidándose formalmente como uno de los pilares del Observatorio con el primer Reglamento de 1831.

Su razón de ser ha sido y sigue siendo la publicación de las efemérides necesarias en navegación, astronomía y geodesia, tarea que viene realizando sin interrupción desde hace más de doscientos años.

La difusión de las efemérides astronómicas se inició en 1791 con la publicación del , y desde entonces se viene realizando sin interrupción. Esta publicación ha evolucionado al compás de los avances científicos y tecnológicos y en la actualidad, las efemérides astronómicas se distribuyen a los usuarios mediante la aplicación informática ANdi y las publicaciones impresas que someramente se describen a continuación:

- **Almanaque náutico:** Publicación anual que contiene las efemérides del Sol, la Luna, los planetas observables y las estrellas más brillantes, necesarias para resolver los problemas de navegación astronómica.
- **Efemérides astronómicas:** Esta publicación anual va dirigida a los astrónomos y a los geodestas. En ella se facilitan efemérides precisas de los objetos celestes, así como los datos necesarios para la preparación y reducción de las observaciones astronómicas.
- **Fenómenos astronómicos:** Publicación de carácter bienal que recoge los fenómenos más relevantes del Sol, la Luna y los planetas.

La Sección ha ido adaptando su trabajo a las nuevas teorías y a los nuevos métodos y medios de cálculo, conforme éstos han ido apareciendo. En la actualidad su campo de trabajo se ha extendido más allá de la publicación de las efemérides, efectuándose numerosos trabajos de investigación de Mecánica Celeste en relación con la Teoría del Satélite Artificial y prestando numerosas colaboraciones a entidades tanto oficiales como particulares.

2.2. Almanaque Náutico para PC. ANdi

A continuación voy a describir la herramienta informática desarrollada por la sección de Efemérides del ROA, como elemento complementario al Almanaque Náutico en papel. El ANdi es, en resumen, una versión informática del almanaque náutico desarrollada para ordenadores personales. Su objeto es facilitar la preparación de las observaciones astronómicas y el cálculo de la situación en la mar.

Entre otras, ofrece las siguientes posibilidades sin restricción en cuanto a la posición geográfica del observador:

- Cálculos de fenómenos de Sol y Luna.
- Preparación de la observación.
- Cálculo de la latitud por observaciones de la Polar, meridianas y circunmeridianas.
- Auxilio en la resolución del problema de la recta de altura.

El ANdi, como ya he explicado, es una herramienta complementaria que no aporta todas las opciones y datos que si facilita la publicación “Almanaque Náutico”, pero que puede ser de gran utilidad para realizar cálculos de manera rápida y sistemática.

2.3. ¿Por qué es importante el ANdi? La navegación astronómica

¿Por qué razón hemos de seguir practicando la navegación astronómica en la era de la electrónica y del GPS? Un marino debe saber como calcular su posición en el mar a partir del almanaque náutico pero esto no es tan sencillo por lo que le puede resultar una alternativa muy valorada cuando el receptor GPS comienza a fallar.

Encontrar nuestra posición geográfica por medio de observaciones astronómicas requiere conocimientos, criterio y habilidad. En otras palabras, hemos de saber utilizar nuestro cerebro. Durante cientos de años, generaciones enteras de navegantes, astrónomos, geógrafos, matemáticos y fabricantes de instrumentos han desarrollado el arte y la ciencia de la navegación astronómica y las han llevado a su nivel actual.

La navegación astronómica por la esfera celeste, una rama de la astronomía aplicada, es el arte y la ciencia de encontrar una posición geográfica por medio de observaciones astronómicas, especialmente por medición de las alturas de los cuerpos celestes (el Sol, la Luna, los planetas o las estrellas) sobre el horizonte del observador. Un observador que contemple el firmamento nocturno sin poseer conocimientos de geografía ni de astronomía puede tener espontáneamente la impresión de encontrarse sobre un plano y estar situado en el centro de una enorme semiesfera hueca, con los cuerpos celestes pegados sobre su superficie interior. En realidad, este modelo simplista del universo se mantuvo actualizado y en uso durante milenios y fue desarrollado por los astrónomos de la antigüedad hasta un altísimo grado de perfección. Incluso hoy en día se trata de una herramienta totalmente en uso para la navegación astronómica cuando los navegantes miden posiciones aparentes de los astros sobre el firmamento, igual que los antiguos astrónomos, y no su posición absoluta en el espacio. La posición aparente de un astro sobre la esfera celeste se define por un sistema de coordenadas referidas al horizonte

El sextante náutico es el instrumento adecuado para tomar la medida de las alturas de los astros con respecto al horizonte aparente, visible o de la mar. Para una altura de un astro hay infinitas posiciones que lo tienen a una misma distancia y éstas forman un círculo sobre la superficie de la Tierra. Este mal llamado círculo se denomina “circunferencia de alturas iguales”. Un observador que recorriera una circunferencia de alturas iguales mediría una altura y una distancia cenital constante para el astro en cuestión, independientemente de donde se encuentre sobre dicha circunferencia. El radio de la misma, medido a lo largo de la superficie terrestre, es directamente proporcional a la distancia cenital observada.

Cada vez que medimos la altura o la distancia cenital de un astro hemos obtenido información parcial sobre nuestra propia posición geográfica porque sabremos que estamos en algún lugar de una circunferencia de altura. Obvia-

mente, la información disponible sobre nuestra posición hasta este momento es muy incompleta, pues podemos estar en cualquier lugar de la circunferencia de alturas iguales, que incluye un número infinito de posiciones posibles y es por ello por lo que se denomina un círculo de posición

Si observamos un segundo astro a continuación del primero; lógicamente nos encontraremos entre dos circunferencias de alturas equidistantes. Ambas se cortan en dos puntos comunes sobre la superficie terrestre y solo uno de los puntos de intersección representa nuestra propia situación. Teóricamente, ambas circunferencias podrían también resultar tangentes entre sí, aunque esta circunstancia sea altamente improbable.

En principio, no es posible diferenciar cual de las dos posibilidades de corte representa nuestra posición verdadera, a no ser que dispongamos de alguna información adicional. Por ejemplo, si tenemos una posición estimada o una demora a alguno de los astros observados. El problema para esta ambigüedad puede resolverse también por observación de un tercer astro, porque las tres circunferencias de alturas iguales solo coincidirán en un solo punto

Teóricamente podemos encontrar nuestra posición por representación gráfica de las circunferencias de alturas iguales. Este método ha sido utilizado en el pasado, pero abandonado después por impracticable. Medidas precisas requieren un globo realmente demasiado grande. Representar circunferencias de alturas iguales sobre una carta sólo es posible si sus radios son suficientemente pequeños. Este método ha sido utilizado alguna vez en aquellas ocasiones en que la toma de alturas no ha sido fácil de medir. En la mayoría de los casos estas circunferencias de alturas iguales tienen diámetros de varios miles de millas náuticas y no pueden representarse sobre cartas convencionales. Además, representar circunferencias sobre una carta plana resulta muy difícil por las distorsiones geométricas a causa de la proyección cartográfica

Desde el momento en que el marino dispone de una situación estimada ya no precisa de una representación gráfica de la circunferencia de alturas iguales pero ha de situar sus componentes representativos cerca de la situación estimada. Durante el siglo XIX, los navegantes desarrollaron métodos para crear líneas rectas (secantes y tangentes a las circunferencias de alturas iguales) cuyos puntos de intersección se aproximan mucho a la situación verdadera. Estos revolucionarios sistemas marcaron el inicio de la navegación astronómica moderna.

El problema es la dificultad de representar dichos círculos sobre una esfera. La solución es representarlos sobre cartas mercatorianas, que por la superficie que abarcan, proporcionalmente muy pequeña, permiten simplificar la representación de cada uno de los círculos por una recta tangente al mismo, y por consiguiente perpendicular al acimut con el que vea el observador el Astro. Idealmente debemos elegir tres astros para situarnos, con sus acimutes a 120° el uno del otro.

De igual modo, lo ideal es también obtener la situación mediante las rectas de altura simultáneas a dos o más astros. Admitiremos que son simultáneas, aunque sean sucesivas si el intervalo de tiempo es breve, inferior al minuto y la distancia recorrida por el buque es de no más de 300 metros.

Si tenemos la altura de dos o más astros simultáneos, repetiremos el procedimiento con cada uno de ellos obteniendo así varias rectas de altura que determinarán la posición observada por su punto de intersección. Si hay tres astros puede ocurrir que las tres rectas no coincidan en un punto, sino que formen un triángulo, lo que se deberá a los errores de toma de altura y cálculo corregidos. Podemos determinar la posición observada por el centro geométrico de dicho triángulo o por la intersección de las bisectrices de sus tres ángulos.

3. Planificación

Esta sección describe cada aspecto relacionado al desarrollo del proyecto. En primer lugar, se puede ver la metodología utilizada durante todo el proceso de desarrollo de la aplicación y su descomposición en fases.

Posteriormente se describe la planificación del proyecto. Dentro de esta planificación se encuentran las estimaciones de tiempo para cada una de las tareas a realizar y un diagrama de Gantt con la planificación completa.

Para terminar se realizará una análisis de los costes de la aplicación.

3.1. Metodología de desarrollo

La metodología de desarrollo utilizada en este proyecto es la metodología de desarrollo ágil.

Se realizan iteraciones con las cuales se van añadiendo y revisando las funcionalidades de la aplicación. Dichas iteraciones suelen durar de 2 semanas a 1 mes para detectar pronto los errores y necesidades del sistema y así evitar el retraso en el desarrollo de la aplicación.

Fases del problema:

- **Estudio del problema:** Se ha realizado un estudio de las necesidades que debía cubrir el sistema con varias reuniones en el Real Instituto y Observatorio de la Armada con el Teniente de navío Sergio Borrallo Tirado y el Capitán de navío Teodoro López Moratalla para la comprensión del dominio del problema y todas las funcionalidades que necesita el sistema.
- **Estudio de las tecnologías:** Una vez se ha comprendido globalmente los requisitos del sistema, se estudian las diferentes tecnologías que satisfagan las necesidades para el correcto desarrollo de la aplicación.
- **Desarrollos de las interfaces externas:** Se crean las vistas correspondientes para cada funcionalidad del problema.
- **Implementación de las funcionalidades:** Una vez hechas las vistas, se implementan las funcionalidades para mostrar los resultados en las mismas.
- **Historial:** Una vez implementadas las funcionalidades, se programa el modelo para que el programa sea capaz de añadir esa funcionalidad al historial.

3.2. Planificación del proyecto

Esta sección trata las estimaciones de tiempo y la definición de un calendario básico con respecto a las fases globales del desarrollo además de adjuntar un diagrama de Gantt.

3.2.1. Estimación de tiempo

Tareas	Tiempo(días)
Planificación	7
Estudio de la materia	30
Análisis de requisitos	30
Búsqueda sobre las tecnologías	5
Diseño de las vistas	20
Implementación	90
Pruebas	10
Documentación	90

3.2.2. Diagrama de Gantt

Las fechas de inicio/fin de cada tarea vienen definidas en la figura 1

Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin
• Planificación	5/09/16	12/09/16
• Estudio de la materia	13/09/16	24/10/16
• Análisis de requisitos	26/10/16	6/12/16
• Búsqueda sobre las tecnologías	6/12/16	12/12/16
• Diseño de las vistas	13/12/16	9/01/17
• Implementación	10/01/17	15/05/17
• Pruebas	15/05/17	26/05/17
• Documentación	9/01/17	15/05/17

Figura 1: Fechas de inicio/fin de cada tarea

4. Requerimientos del sistema

En esta sección se explicará la situación actual de la aplicación. Éstas dan paso a los objetivos del sistema y al catálogo de requerimientos.

4.1. Situación actual

Esta sección describe como los usuarios pueden obtener la información en la situación actual, antes de el desarrollo de la aplicación.

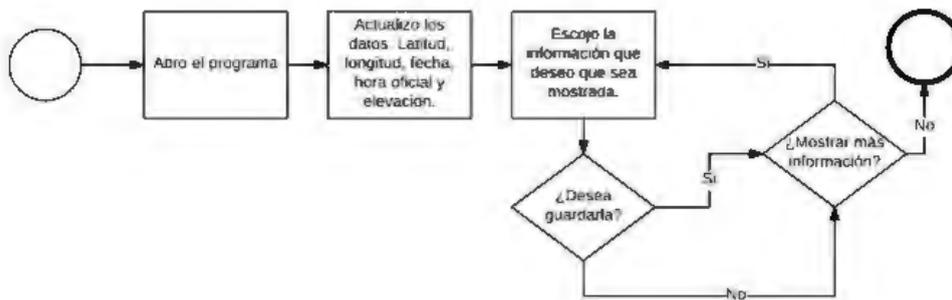


Figura 2: situación actual

4.2. Objetivo del sistema

Los objetivos de este proyecto son proveer al usuario de la posibilidad de encontrar la información que necesita mediante una serie de funcionalidades sin la necesidad de tener que realizar la búsqueda de manera manual.

4.3. Catálogo de requerimientos

Esta sección describe el conjunto de requerimientos específicos del sistema que se han desarrollado para satisfacer las necesidades.

4.3.1. Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales están especificados en los cuadros 1, 2 y 3.

REQF-0001	Actualizar datos de posición/día
Descripción	<p>El sistema debe permitir al usuario actualizar su información.</p> <p>Dichos datos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Latitud - Longitud - Fecha - Hora oficial - Elevación - DeltaT - Presión - Temperatura <p>Esta información será mostrada al pie de la aplicación.</p>

Cuadro 1: REQF-0001 Actualizar datos de posición/día

REQF-0002	Mostrar datos
Descripción	<p>El sistema debe mostrar al usuario los datos que busque a partir de su fecha y posición. Tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fenómenos Sol fecha - Fenómenos Sol en un intervalo - Circunmeridiana - Latitud polar - Coordenadas ecuatoriales - Etc...

Cuadro 2: REQF-0002 Mostrar datos

REQF-0003	Historial de datos
Descripción	El sistema debe permitir al usuario guardar/eliminar todas las búsquedas de datos que desee para una posterior consulta.

Cuadro 3: REQF-0003 Historial de datos

4.3.2. Información requerida

La información requerida está especificada en el **cuadro 4**.

IREQ-0001	Efemérides
Descripción	El sistema tendrá integrado un archivo con la información de las efemérides. Dicho archivo contiene toda la información con respecto a los astros necesaria para los cálculos posteriores.

Cuadro 4: IREQ-0001 Efemérides

4.3.3. Requisitos no funcionales

Las especificaciones de los requisitos no funcionales están descritas en los cuadros 5, 6, 7, 8 y 9.

REQNF-0001	Viabilidad
Descripción	La aplicación al no necesitar conexión a internet, estará disponible 24 horas 365 días al año.

Cuadro 5: REQNF-0001 Viabilidad

REQNF-0002	Seguridad
Descripción	Solo el desarrollador de la aplicación podrá acceder a la información interna del sistema.

Cuadro 6: REQNF-0002 Seguridad

REQNF-0003	Integridad de los datos
Descripción	La información mostrada por el sistema es la correcta sin fallo alguno para todos los días del año.

Cuadro 7: REQNF-0003 Integridad de los datos

REQNF-0004	Usabilidad
Descripción	El sistema posee una interfaz amigable bastante fácil de entender y de usar.

Cuadro 8: REQNF-0004 Usabilidad

REQNF-0005	Rendimiento
Descripción	El tiempo de respuesta tiene que ser lo más reducido posible. Lo ideal es estar siempre que sea posible por debajo del segundo.

Cuadro 9: REQNF-0005 Rendimiento

4.4. Requisitos de la interfaz externa

La interfaz debe de ser sencilla y amigable con el usuario. El usuario debe encontrar de manera sencilla el dato que está buscando en ese momento.

4.5. Requisitos de ejecución

Se puede ejecutar en cualquier equipo que tenga Windows 7 o superior y tener instalado .NET Framework 4.5.

.NET Framework 4.5 requiere al menos 1 GB de RAM y 4.5 GB de memoria libre.

Para su correcta visualización se recomienda una resolución de 1920x1080 como mínimo.

4.6. Soluciones alternativas

Este proyecto podría haberse desarrollado en otro lenguaje como *C++* y haber usado alguna librería gráfica para incorporar la interfaz de usuario o en vez de haberlo realizado para PC, haberse realizado para plataformas móviles como *Android* o *iOS*.

También se podría haber usado algún sistema gestor de base de datos como *MySQL* o *MongoDB* para el historial.

4.7. Solución propuesta

Mi solución consiste en el uso de:

4.7.1. Interfaz externa

- Microsoft Visual Studio haciendo uso de Windows Forms.

4.7.2. Lógica del programa

- C#
- JSON

5. Análisis del sistema

La aplicación se presenta un menú principal con una serie de submenús y unos datos en una barra de estado al pie de la ventana.

Los submenús y sus respectivos apartados son los siguientes:

- Menú general
 - Actualizar datos
 - Conversores
 - Guardar datos e historial
 - Cargar datos e historial
- Fenómenos
 - Fenómenos de Sol
 - Para hoy
 - Para una fecha
 - En un intervalo
 - Fenómenos de Luna
 - Para hoy
 - Para una fecha
 - En un intervalo
- Preparación de la observación
 - Paso por el meridiano del lugar
 - Crepúsculo matutino
 - Crepúsculo vespertino
 - Cielo a una hora
- Reducción de la observación
 - Determinante punto aproximado
 - Correcciones a las alturas
 - Coordenadas
 - Horizontales
 - Ecuatoriales
- Cálculo de la posición
 - Latitud por altura meridiana
 - Meridiano superior

- Meridiano inferior
 - Circunmeridiana
 - Latitud polar
 - Posicionamiento por observación
- Navegación
 - Navegación loxodrómica
 - Navegación loxodrómica inversa
 - Navegación ortodrómica
- Otros datos astronómicos
 - Para hoy
 - Para una fecha
 - En un intervalo
- Ayuda
 - Descargar manual
 - Acerca de...
- Historial

5.1. Descripción de las funcionalidades

UC-0001	Actualizar datos
Actores	Usuarios
Descripción	Los usuarios pueden actualizar sus datos de posicionamiento y de fecha.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Datos almacenados en el sistema.
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Actualizar datos</i>. 2. El sistema muestra los campos a rellenar. 3. El usuario rellena los campos correctamente. 4. El usuario hace clic en el botón <i>Aceptar</i> para guardar la información.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 3a. El usuario rellena los campos incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 1-4a. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 10: UC-0001 Actualizar datos

UC-0002	Conversores
Actores	Usuarios
Descripción	Los usuarios pueden realizar algunas conversiones de datos como de <i>nudos</i> a <i>km/h</i> , etc...
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Conversores</i>. 2. El sistema muestra los datos posibles a convertir. 3. El usuario rellena el dato que desee correctamente. 4. El usuario hace clic en el botón <i>Convertir</i> para convertir el dato que desee.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 3a. El usuario rellena los campos incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 1-4a. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Salir</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 11: UC-0002 Conversores

UC-0003	Fenómenos de Sol para hoy
Actores	Usuarios
Descripción	Se obtiene una ventana con las horas oficiales de salida, puesta y crepúsculos, el semidiámetro a 0 ^h (hora oficial) y el paso por el meridiano superior del lugar. También en esta ventana se muestran los acimutes de las salidas y puestas de los limbos superior e inferior del Sol
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	1. El usuario entra en la opción <i>Fenómenos de Sol para hoy</i> . 2. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	1-2a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i> . 1. El sistema guarda los datos. 1-2b. El usuario sale de la opción cerrando haciendo uso del botón <i>Salir</i> . 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 12: UC-0003 Fenómenos de Sol para hoy

UC-0004	Fenómenos de Sol para una fecha
Actores	Usuarios
Descripción	Después de elegir una fecha, se obtiene una ventana con las horas oficiales de salida, puesta y crepúsculos, el semidiámetro a 0 ^h (hora oficial) y el paso por el meridiano superior del lugar. También en esta ventana se muestran los acimutes de las salidas y puestas de los limbos superior e inferior del Sol
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	1. El usuario entra en la opción <i>Fenómenos de sol para una fecha</i> . 2. El usuario elige una fecha. 3. El usuario pulsa el botón <i>Calcular</i> . 4. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	3-4a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i> . 1. El sistema guarda los datos. 1-4a. El usuario sale de la opción cerrando haciendo uso del botón <i>Salir</i> . 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 13: UC-0004 Fenómenos de Sol para una fecha

UC-0005	Fenómenos de Sol en un intervalo
Actores	Usuarios
Descripción	Se muestran los fenómenos de sol para un intervalo de fechas dadas por el usuario.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Fenómenos sol en un intervalo</i>. 2. El usuario selecciona el intervalo de fechas. 3. El usuario hace clic en el botón <i>Mostrar</i>. 4. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2a. El sistema muestra selecciona una fecha incorrecta. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 4a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema guarda los datos. 1-4a. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 14: UC-0005 Fenómenos de Sol en un intervalo

UC-0006	Fenómenos de Luna para hoy
Actores	Usuarios
Descripción	Los usuarios ven los fenómenos de luna para la fecha almacenada en el sistema. Estos fenómenos son las horas oficiales de salida y puesta de Luna, su edad y semidiámetro a 0 ^h (hora oficial) y el paso por el meridiano superior del lugar.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Fenómenos luna para la fecha</i>. 2. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 1-2a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema guarda los datos. 1-2b. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 15: UC-0006 Fenómenos de Luna para hoy

UC-0007	Fenómenos de Luna para una fecha
Actores	Usuarios
Descripción	Los usuarios ven los fenómenos de luna para una fecha previamente elegida. Estos fenómenos son las horas oficiales de salida y puesta de Luna, su edad y semidiámetro a 0 ^h (hora oficial) y el paso por el meridiano superior del lugar.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Fenómenos luna para la fecha</i>. 2. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 1-2a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i>. 1. El sistema guarda los datos. 1-2b. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i>. 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 16: UC-0007 Fenómenos de Luna para una fecha

UC-0008	Fenómenos luna en un intervalo
Actores	Usuarios
Descripción	Se muestran los fenómenos de luna para un intervalo de fechas dadas por el usuario.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Fenómenos luna en un intervalo</i>. 2. El usuario selecciona el intervalo de fechas. 3. El usuario hace clic en el botón <i>Mostrar</i>. 4. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2a. El sistema muestra selecciona una fecha incorrecta. 1. El sistema muestra un mensaje de error. 4a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i>. 1. El sistema guarda los datos. 1-4a. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i>. 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 17: UC-0008 Fenómenos luna en un intervalo

UC-0009	Paso por el meridiano del lugar
Actores	Usuarios
Descripción	Permite calcular la hora oficial del paso de un astro por el meridiano del lugar. También facilita la altura verdadera en el paso y el acimut en la culminación.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Paso por el meridiano del lugar</i> y selecciona la opción <i>superior o inferior</i>. 2. El usuario selecciona el astro. 3. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 3a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema guarda los datos. 2-3a. Volver paso 2. 1-3a. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 18: UC-0009 Paso por el meridiano del lugar

UC-0010	Crepúsculo matutino
Actores	Usuarios
Descripción	Muestra la magnitud y coordenadas horizontales de los astros que se observan con altura verdadera mayor que 10° a la hora intermedia entre el crepúsculo civil y el náutico.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Crepúsculo matutino</i>. 2. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema guarda los datos. 1-2a. El usuario entra en la opción <i>Paso meridiano</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se abre la ventana correspondiente a esta opción. 1-2b. El usuario entra en la opción <i>Mono</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se abre la ventana correspondiente a esta opción. 1-2c. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 19: UC-0010 Crepúsculo matutino

UC-0011	Crepúsculo vespertino
Actores	Usuarios
Descripción	Muestra la magnitud y coordenadas horizontales de los astros que se observan con altura verdadera mayor que 10° a la hora intermedia entre el crepúsculo civil y el náutico.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	1. El usuario entra en la opción <i>Crepúsculo vespertino</i> . 2. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	2a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i> . 1. El sistema guarda los datos. 1-2a. El usuario entra en la opción <i>Paso meridiano</i> . 1. Se abre la ventana correspondiente a esta opción. 1-2b. El usuario entra en la opción <i>Mono</i> . 1. Se abre la ventana correspondiente a esta opción. 1-2c. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i> . 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 20: UC-0011 Crepúsculo vespertino

UC-0012	Cielo a una hora
Actores	Usuarios
Descripción	Se muestran las coordenadas horizontales de los astros que se encuentran por encima del horizonte a una hora determinada, que será introducida por el usuario.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	1. El usuario entra en la opción <i>Cielo a una hora</i> . 2. El usuario rellena la hora correctamente y le da al botón <i>Mostrar</i> . 3. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	2a. El usuario rellena la hora incorrectamente. 1. El sistema muestra un mensaje de error. 3a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i> . 1. El sistema guarda los datos. 3b. El usuario entra en la opción <i>Mono</i> . 1. Se abre la ventana correspondiente a esta opción. 2-3a. Volver al paso 2. 1-3a. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i> . 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 21: UC-0012 Cielo a una hora

UC-0013	Paso meridiano
Actores	Usuarios
Descripción	Muestra que astros pasan justo por nuestro meridiano del lugar durante el intervalo de tiempo del crepúsculo matutino/vespertino.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	1. El usuario dentro de la opción <i>Crepúsculo matutino</i> o <i>Crepúsculo vespertino</i> , selecciona la opción <i>Paso meridiano</i> . 2. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	1-2a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i> . 1. El sistema guarda los datos. 1-2b. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i> . 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 22: UC-0013 Paso meridiano

UC-0014	Mono
Actores	Usuarios
Descripción	El sistema muestra en un eje de coordenadas las estrellas visibles según el filtro de visibilidad seleccionado.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	1. El usuario dentro de la opción <i>Crepúsculo matutino</i> , <i>Crepúsculo vespertino</i> o <i>Cielo a una hora</i> , selecciona la opción <i>Mono</i> . 2. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	2a. El usuario cambia el filtro de visibilidad de las estrellas. 1. El sistema cambia la visibilidad de las estrellas correspondientes y las muestra en el eje de coordenadas. 1-2a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i> . 1. El sistema guarda los datos. 1-2b. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i> . 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 23: UC-0014 Mono

UC-0015	Determinante punto aproximado
Actores	Usuarios
Descripción	Esta opción facilita el cálculo del Determinante Punto Aproximado correspondiente a la observación de un astro
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Determinante punto aproximado</i>. 2. El usuario rellena la altura observada correctamente. 3. El usuario rellena la hora oficial de la observación correctamente. 4. El usuario selecciona un astro de la lista. 5. Una vez están todos los datos correctos, el usuario le da al botón <i>Calcular</i>. 6. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2a. El usuario rellena la altura observada incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 3a. El usuario rellena la hora oficial observada incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 4a. El usuario selecciona el astro 104 ó 105. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema habilita las opciones limbo superior e inferior y el usuario deberá seleccionar uno. 6a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema guarda los datos. 2-5a. Volver al paso 2. 1-6a. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 24: UC-0015 Determinante punto aproximado

UC-0016	Latitud por altura meridiana superior
Actores	Usuarios
Descripción	Proporciona la latitud de un observador a partir de la altura observada de un astro a su paso por el meridiano superior del lugar.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Latitud por altura meridiana</i> y selecciona <i>Meridiano superior</i>. 2. El usuario rellena la altura observada correctamente. 3. El usuario marca la culminación(norte o sur). 4. El usuario selecciona un astro de la lista. 5. Una vez están todos los datos correctos, el usuario le da al botón <i>Calcular</i>. 6. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2a. El usuario rellena la altura observada incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 4a. El usuario selecciona el astro 104 ó 105. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema habilita las opciones limbo superior e inferior y el usuario deberá seleccionar uno. 6a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema guarda los datos. 6a. El usuario actualiza la latitud del sistema haciendo clic en el botón <i>Actualizar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema actualiza la latitud del sistema. 2-5a. Volver al paso 2. 1-6a. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 25: UC-0016 Latitud por altura meridiana superior

UC-0017	Latitud por altura meridiana inferior
Actores	Usuarios
Descripción	Proporciona la latitud de un observador a partir de la altura observada de un astro a su paso por el meridiano inferior del lugar.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Latitud por altura meridiana</i> y selecciona <i>Meridiano inferior</i>. 2. El usuario rellena la altura observada correctamente. 3. El usuario selecciona un astro de la lista. 4. Una vez están todos los datos correctos, el usuario le da al botón <i>Calcular</i>. 5. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2a. El usuario rellena la altura observada incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 3a. El usuario selecciona el astro 104 ó 105. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema habilita las opciones limbo superior e inferior y el usuario deberá seleccionar uno. 5a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema guarda los datos. 5a. El usuario actualiza la latitud del sistema haciendo clic en el botón <i>Actualizar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema actualiza la latitud del sistema. 2-4a. Volver al paso 2. 1-5a. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 26: UC-0017 Latitud por altura meridiana inferior

UC-0018	Circunmeridiana
Actores	Usuarios
Descripción	Proporciona la latitud de un observador a partir de la altura observada de un astro próximo al meridiano superior del lugar
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Circunmeridiana</i>. 2. El usuario rellena la altura observada correctamente. 3. El usuario marca la culminación(norte o sur). 4. El usuario rellena la hora oficial de la observación correctamente. 5. El usuario selecciona un astro de la lista. 6. Una vez están todos los datos correctos, el usuario le da al botón <i>Calcular</i>. 7. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2a. El usuario rellena la altura observada incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 4a. El usuario rellena la hora oficial observada incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 5a. El usuario selecciona el astro 104 ó 105. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema habilita las opciones limbo superior e inferior y el usuario deberá seleccionar uno. 7a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema guarda los datos. 7b. El usuario actualiza la latitud del sistema haciendo clic en el botón <i>Actualizar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema actualiza la latitud del sistema. 2-6a. Volver al paso 2. 1-7a. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 27: UC-0018 Circunmeridiana

UC-0019	Latitud por la polar
Actores	Usuarios
Descripción	Permite determinar directamente la latitud del observador a partir de los datos de la altura observada de la estrella Polar y de la hora de observación.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Latitud por la polar</i>. 2. El usuario rellena la altura observada correctamente. 3. El usuario rellena la hora oficial de la observación correctamente. 4. Una vez están todos los datos correctos, el usuario le da al botón <i>Calcular</i>. 5. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2a. El usuario rellena la altura observada incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 3a. El usuario rellena la hora oficial observada incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 5a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema guarda los datos. 5b. El usuario actualiza la latitud del sistema haciendo clic en el botón <i>Actualizar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema actualiza la latitud del sistema. 2-4a. Volver al paso 2. 1-5a. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 28: UC-0019 Latitud por la polar

UC-0020	Correcciones a las alturas
Actores	Usuarios
Descripción	Realiza el cálculo de la altura verdadera de un astro a partir de la observada a una cierta hora.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Correcciones a las alturas</i>. 2. El usuario rellena la altura observada correctamente. 3. El usuario rellena la hora oficial de la observación correctamente. 4. El usuario una de las siguientes opciones: <ul style="list-style-type: none"> - Estrellas, Júpiter o Saturno. - Venus. - Marte. - Sol, limbo inferior. - Sol, limbo superior. - Luna, limbo inferior. - Luna, limbo superior. 5. Una vez están todos los datos correctos, el usuario le da al botón <i>Calcular</i>. 6. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2a. El usuario rellena la altura observada incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 3a. El usuario rellena la hora oficial observada incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 6a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema guarda los datos. 2-5a. Volver al paso 2. 1-6a. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 29: UC-0020 Correcciones a las alturas

UC-0021	Coordenadas horizontales
Actores	Usuarios
Descripción	Calcula las coordenadas horizontales de un astro a una hora determinada.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Coordenadas</i> y luego en <i>Coordenadas horizontales</i>. 2. El usuario rellena la hora oficial de la observación correctamente. 3. El usuario selecciona un astro de la lista. 4. Una vez están todos los datos correctos, el usuario le da al botón <i>Calcular</i>. 5. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2a. El usuario rellena la hora oficial observada incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 3a. El usuario selecciona el astro 104 ó 105. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema habilita las opciones limbo superior e inferior y el usuario deberá seleccionar uno. 5a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema guarda los datos. 2-4a. Volver al paso 2. 1-5a. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 30: UC-0021 Coordenadas horizontales

UC-0022	Coordenadas ecuatoriales
Actores	Usuarios
Descripción	Calcula las coordenadas ecuatoriales de un astro a una hora determinada y el horario de Greenwich del astro.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Coordenadas</i> y luego en <i>Coordenadas ecuatoriales</i>. 2. El usuario rellena la hora oficial de la observación correctamente. 3. El usuario selecciona un astro de la lista. 4. Una vez están todos los datos correctos, el usuario le da al botón <i>Calcular</i>. 5. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2a. El usuario rellena la hora oficial observada incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 3a. El usuario selecciona el astro 104 ó 105. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema habilita las opciones limbo superior e inferior y el usuario deberá seleccionar uno. 5a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema guarda los datos. 2-4a. Volver al paso 2. 1-5a. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 31: UC-0022 Coordenadas ecuatoriales

UC-0023	Posicionamiento por observación
Actores	Usuarios
Descripción	Calcula la posición del observador mediante la observación de al menos 3 astros (hasta 5) a una hora y altura concreta.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Posicionamiento por observación</i> 2. El usuario rellena los datos de situación correctamente. 3. El usuario rellena el rumbo, velocidad y corrección de índice. 4. El usuario selecciona el número de astros observados. 5. El usuario rellena los datos de los astros observados. 6. Una vez están todos los datos correctos, el usuario le da al botón <i>Calcular</i>. 7. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2a. El usuario rellena la situación incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 7a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema guarda los datos. 7b. El usuario actualiza la posición del sistema haciendo clic en el botón <i>Actualizar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema actualiza la posición. 2-7a. Volver al paso 2. 1-7a. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 32: UC-0023 Posicionamiento por observación

UC-0024	Navegación ortodrómica
Actores	Usuarios
Descripción	Dada una posición inicial y final, n ^o cambios de rumbo, velocidad y si lo desease, paralelo máximo, devuelve una tabla con los distintos <i>waypoints</i> con su rumbo loxodrómico y el tiempo de navegación.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Navegación ortodrómica</i> 2. El usuario rellena los datos de entrada correctamente. 3. Una vez están todos los datos correctos, el usuario le da al botón <i>Calcular</i>. 4. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2a. El usuario rellena la situación inicial o final incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 4a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema guarda los datos. 2-4a. Volver al paso 2. 1-4a. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 33: UC-0024 Navegación ortodrómica

UC-0025	Navegación loxodrómica inversa
Actores	Usuarios
Descripción	Dada una posición inicial y final y opcionalmente, velocidad o tiempo y devuelve un rumbo, distancia loxodrómica y en caso de haber introducido alguno de los datos opcionales, el tiempo que tarda en llegar.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Navegación loxodrómica inversa</i> 2. El usuario rellena los datos de entrada correctamente. 3. Una vez están todos los datos correctos, el usuario le da al botón <i>Calcular</i>. 4. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2a. El usuario rellena la situación inicial o final incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 4a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema guarda los datos. 2-4a. Volver al paso 2. 1-4a. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 34: UC-0025 Navegación loxodrómica inversa

UC-0026	Navegación loxodrómica
Actores	Usuarios
Descripción	A partir de una situación inicial se introducen una serie de datos y se obtiene una situación final estimada. A partir de aquí se puede calcular la intensidad horaria del error y obtener una situación final verdadera con su velocidad de desvío y su rumbo.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Navegación loxodrómica</i> 2. El usuario rellena la posición inicial correctamente. 3. El usuario selecciona que tipo de datos de entrada va a usar. 4. El usuario rellena los datos de entrada añadiendo tantas filas como desee. 5. Una vez están todos los datos correctos, el usuario le da al botón <i>Calcular</i>. 6. El sistema muestra la situación final estimada.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2a. El usuario rellena la posición inicial incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 6a. El usuario guarda los datos en el historial haciendo clic en el botón <i>Guardar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema guarda los datos. 6a. El usuario pulsa el botón <i>¿Calcular intensidad horaria del error?</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario rellena los datos de <i>situación final verdadera</i> correctamente. 2. El usuario pulsa el boton <i>Calcular</i>. 3. El sistema muestra los datos de <i>Velocidad de desvío</i> y el <i>rumbo</i>. 6a.1a. El usuario rellena los datos de <i>situación final verdadera</i> incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 2-6a. Volver al paso 2. 1-6a. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Cancelar</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 35: UC-0026 Navegación loxodrómica

UC-0027	Guardar datos e historial
Actores	Usuarios
Descripción	El usuario guarda los datos actuales y el historial.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario pulsa el botón <i>Guardar datos e historial</i>. 2. El usuario confirma si quiere guardar los datos o no. 3. El usuario selecciona selecciona el directorio donde quiere guardar los datos. 4. El sistema guarda los datos en el directorio seleccionado.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2a. El usuario no quiere guardar los datos. 1. El sistema anula la operación. 3a. El usuario le da a <i>Cancelar</i> mientras selecciona el directorio. 1. El sistema anula la operación.

Cuadro 36: UC-0027 Guardar datos e historial

UC-0028	Cargar datos e historial
Actores	Usuarios
Descripción	El usuario carga la situación e historial almacenados.
Pre-condición	Debe existir un archivo con datos almacenados
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario pulsa el botón <i>Cargar datos e historial</i>. 2. El usuario confirma si quiere cargar los datos o no. 3. El usuario selecciona selecciona el archivo donde se encuentran los datos almacenados. 4. El sistema carga los datos en el sistema.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2a. El usuario no quiere cargar los datos. 1. El sistema anula la operación. 3a. El usuario le da a <i>Cancelar</i> mientras selecciona el archivo. 1. El sistema anula la operación.

Cuadro 37: UC-0028 Cargar datos e historial

UC-0029	Otros datos astronómicos para hoy
Actores	Usuarios
Descripción	El usuario obtiene distintos datos de un astro en concreto.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Otros datos astronómicos para hoy</i>. 2. El usuario rellena la hora de observación correctamente. 3. El usuario selecciona el astro correctamente. 4. El usuario pulsa el botón <i>Calcular</i>. 5. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2a. El usuario rellena la hora incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 3a. El usuario selecciona el astro incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 1-5a. El usuario sale de la opción cerrando haciendo uso del botón <i>Salir</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 38: UC-0029 Otros datos astronómicos para hoy

UC-0030	Otros datos astronómicos para una fecha
Actores	Usuarios
Descripción	El usuario obtiene distintos datos de un astro en concreto.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Otros datos astronómicos para una fecha</i>. 2. El usuario rellena la hora de observación correctamente. 3. El usuario selecciona la fecha. 4. El usuario selecciona el astro correctamente. 5. El usuario pulsa el botón <i>Calcular</i>. 6. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2a. El usuario rellena la hora incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 4a. El usuario selecciona el astro incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 1-6a. El usuario sale de la opción cerrando haciendo uso del botón <i>Salir</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 39: UC-0030 Otros datos astronómicos para una fecha

UC-0031	Otros datos astronómicos en un intervalo
Actores	Usuarios
Descripción	El usuario obtiene distintos datos de un astro en concreto en un intervalo de tiempo, expresado en días u horas.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la opción <i>Otros datos astronómicos en un intervalo</i>. 2. El usuario selecciona las fechas del intervalo. 3. El usuario rellena la hora de observación correctamente. 4. El usuario selecciona el astro correctamente. 5. El usuario selecciona si lo quiere en días u horas. 6. El usuario pulsa el botón <i>Calcular</i>. 7. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2a. El usuario rellena la hora incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 4a. El usuario selecciona el astro incorrectamente. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un mensaje de error. 1-7a. El usuario sale de la opción cerrando haciendo uso del botón <i>Salir</i>. <ol style="list-style-type: none"> 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 40: UC-0031 tros datos astronómicos en un intervalo

UC-0032	Descargar manual
Actores	Usuarios
Descripción	El usuario descarga el manual de uso del ANDI.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario pulsa el botón <i>Descargar manual</i>. 2. El usuario selecciona selecciona el directorio donde quiere guardar el manual. 3. El sistema guarda el manual en el directorio deseado.
Curso alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2a. El usuario no quiere descargar el manual. <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema anula la operación.

Cuadro 41: UC-0032 Descargar manual

UC-0033	Acerca de...
Actores	Usuarios
Descripción	El sistema muestra información del desarrollo de la aplicación.
Pre-condición	Ninguna
Post-condición	Ninguna
Curso normal	1. El usuario entra en la opción del menú principal <i>Acerca de...</i> 2. El sistema muestra los datos.
Curso alternativo	1-2a. El usuario sale de la opción cerrando la ventana o haciendo uso del botón <i>Aceptar</i> . 1. Se cierra la ventana.

Cuadro 42: UC-0033 Acerca de...

5.2. Interfaz de usuario

Esta sección muestra las distintas vistas que el usuario verá en la aplicación y están descritas en las figuras **figuras 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 y 4.**



Figura 3: Menu principal

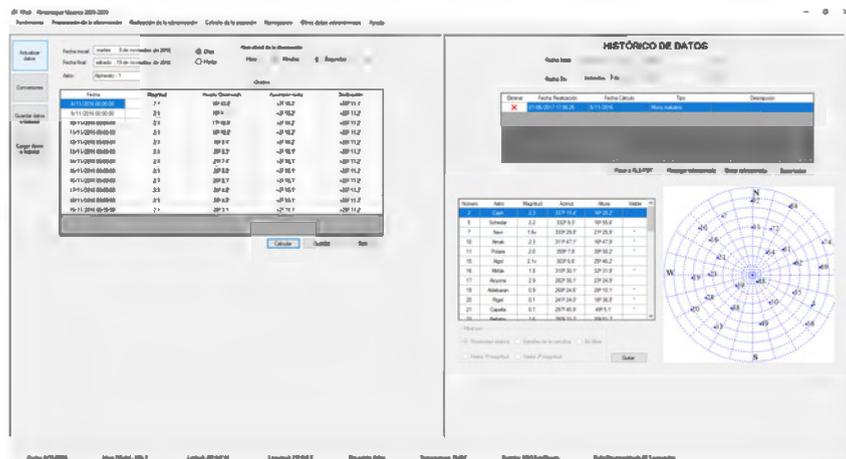


Figura 4: Ejemplo del historial

The screenshot shows a dialog box titled "Actualizar Datos" with a close button (X) in the top right corner. The dialog is organized into several sections:

- Fecha:** A date picker showing "martes , 3 de noviembre de 2016". To its right are two buttons: "Actualizar" and "Cancelar".
- Hora oficial (Ho)-UT:** A spinner box set to "2".
- Elevación (metros):** A spinner box set to "0".
- Latitud:** "Grados:" is a spinner box set to "40", and "Minutos:" is a spinner box set to "0.0". To the right are two radio buttons: "Norte" (selected) and "Sur".
- Longitud:** "Grados:" is a spinner box set to "21", and "Minutos:" is a spinner box set to "0.0". To the right are two radio buttons: "Este" (selected) and "Oeste".
- Delta T (segundos):** Two radio buttons: "Automático" (selected) and "Manual". Next to "Manual" is a spinner box set to "59,5".
- Otros:** "Presion (milibares)" is a spinner box set to "1015,0", and "Temperatura (°C)" is a spinner box set to "15,0".
- A "Puertos" button is located on the right side of the dialog, below the "Latitud" section.

Figura 5: Actualizar datos

Actualizar Datos

Fecha: martes, 8 de noviembre de 2016

Hora oficial (Ho)-UT: 2 Elevación (metros): 0

Latitud: Grados: 40 Minutos: 0,0 Norte Sur

Longitud: Grados: 21 Minutos: 0,0 Este Oeste

DeltaT (segundos): Automático Manual 69,5

Otros: Presion (milibares) 1015,0 Temperatura (°C) 15,0

Países

Albania
Alemania
Algeria
Angola
Antártida
Antigua y Barbuda
Arabia Saudita
Argentina

Puertos

Alger
Annaba
Arzew
Arzew El Djedid
Bejaia
Beni Saf
Collo
Delma

Latitud: 36° 55,0' N - Longitud: 7° 46,0' E

Actualizar Cancelar Puertos Seleccionar Cerrar puertos

Figura 6: Actualizar datos con puertos desplegado

Fecha

Semidiámetro

Paso meridiano superior lugar

Hora oficial

Altura verdadera

Culminación

Acimutes a la salida y puesta

	Limbo superior	Limbo inferior
► Salida:	111° 16,1' a 7h 13m	111° 44,9' a 7h 16m
Puesta:	248° 34,1' a 17h 26m	248° 5,4' a 17h 23m

Horas oficiales de ...

Salida Principio crepúsculo civil Fin crepúsculo civil

Puesta Principio crepúsculo náutico Fin crepúsculo náutico

Figura 7: Fenómenos Sol para hoy/una fecha

Fecha inicial
 martes . 8 de noviembre de 2016

Fecha final
 domingo . 13 de noviembre de 2016

Fecha	Salida	Paso meridiano lugar	Altura verdadera meridiano lugar	Puesta	Semidiametro	Culminación	Acimut salida	Acimut puesta
8/11/2016	7h 13m	12h 19,8m	33° 14,9'	17h 26m	16,1'	Sur	111° 16,1'	248° 34,1'
9/11/2016	7h 15m	12h 19,9m	32° 57,8'	17h 25m	16,1'	Sur	111° 39,2'	248° 11,2'
10/11/2016	7h 16m	12h 20,0m	32° 41,0'	17h 24m	16,2'	Sur	112° 1,9'	247° 48,7'
11/11/2016	7h 17m	12h 20,1m	32° 24,5'	17h 23m	16,2'	Sur	112° 24,2'	247° 26,6'
12/11/2016	7h 18m	12h 20,2m	32° 8,3'	17h 22m	16,2'	Sur	112° 46,1'	247° 4,8'
13/11/2016	7h 19m	12h 20,3m	31° 52,4'	17h 21m	16,2'	Sur	113° 7,7'	246° 43,5'

Figura 8: Fenómenos Sol en un intervalo

Edad (a 0h oficiales) Fecha

Paso meridiano superior lugar

Hora oficial

Altura verdadera

Culminación

Salida Acimut

Puesta Acimut



Figura 9: Fenómenos Luna para hoy/una fecha



Figura 10: Fenómenos Luna en un intervalo

Superior Inferior

Fecha: martes , 8 de noviembre de 2016 ▼

Astro: Ankaa - 4 ▼

Magnitud	2.4
Hora oficial de paso	21h 49.4m
Culminación	Sur
Altura verdadera	+7° 47.0'

Calcular Guardar Salir

Figura 11: Paso por el meridiano superior del lugar

Superior Inferior

Fecha:

Astro:

Magnitud

Hora oficial de paso

Altura verdadera

Figura 12: Paso por el meridiano inferior del lugar

Número	Astro	Magnitud	Acimut	Altura
2	Caph	2.3	337º 15,4'	16º 25,2'
5	Schedar	2.2	332º 9,3'	16º 55,6'
7	Navi	1.6v	333º 29,8'	21º 25,9'
10	Almak	2.3	311º 47,1'	16º 47,9'
11	Polaris	2.0	359º 7,9'	39º 58,2'
15	Algol	2.1v	303º 6,6'	25º 46,2'
16	Mirfak	1.8	310º 30,1'	32º 31,9'
17	Alcyone	2.9	282º 38,1'	23º 24,9'
19	Aldebaran	0.9	268º 24,6'	28º 10,1'
20	Rigel	0.1	241º 24,0'	18º 36,8'
21	Capella	0.1	297º 45,9'	49º 5,1'

Figura 13: Crepúsculo matutino/vespertino

Número	Astro	Magnitud	Acimut	Hora	Altura
91	Deneb	1.3	Norte	18h 4.9m	84° 39.1'

Figura 14: Paso por el meridiano en el crepúsculo matutino/vespertino

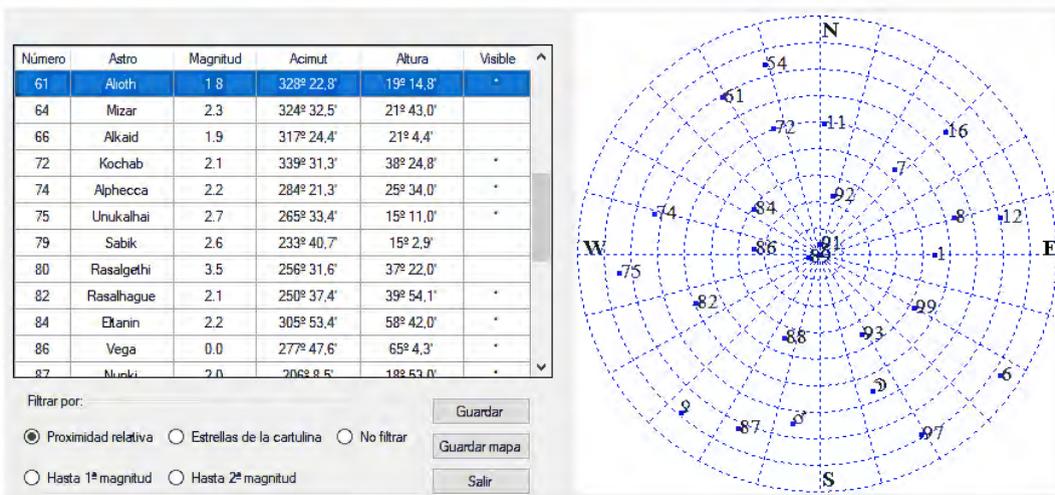


Figura 15: Mono

Hora oficial de la observación

Hora: Minutos: Segundos:
martes , 8 de noviembre de 2016

Número	Astro	Magnitud	Acimut	Altura
1	Alpheratz	2.1	261° 15.9'	58° 32.8'
2	Caph	2.3	322° 33.0'	60° 22.7'
3	Algenib	2.8	241° 3.0'	50° 46.7'
4	Ankaa	2.4	202° 58.0'	2° 53.8'
5	Schedar	2.2	321° 39.3'	65° 16.5'
6	Diphda	2.0	209° 22.7'	26° 43.0'
7	Navi	1.6v	332° 30.9'	64° 27.3'
8	Mirach	2.1	262° 0.3'	73° 1.8'
10	Almak	2.3	296° 6.2'	84° 0.8'
11	Polaris	2.0	0° 4.8'	40° 39.8'
12	Hamal	2.0	200° 20.8'	72° 39.2'

Figura 16: Cielo a una hora

Fecha: martes , 8 de noviembre de 2016 ▾

Astro: Navi - 7 ▾ Limbo superior
 Limbo inferior

Altura observada

Grados: 6 ▾ Minutos: 0,0 ▾

Hora oficial de la observación

Hora: 0 ▾ Minutos: 0 ▾ Segundos: 0 ▾

Magnitud: **1.6v**

Altura verdadera: **5° 27,6'**

Acimut: **332° 30,9'**

Delta altura: **-3539,7**

Calcular **Guardar** **Salir**

Figura 17: Determinante punto aproximado

Altura observada

Grados: Minutos:

Hora oficial de la observación

Hora: Minutos: Segundos:

Estrellas, Júpiter o Saturno
 Venus
 Marte
 Sol, limbo inferior
 Sol, limbo superior
 Luna, limbo inferior
 Luna, limbo superior

Altura verdadera:

Figura 18: Correcciones a las alturas

Fecha: martes , 8 de noviembre de 2016

Astro: Ankaa - 4

Hora oficial de la observación

Hora: 0 Minutos: 0 Segundos: 0

Magnitud: 2.4

Altura verdadera: +2° 53.8'

Acimut astronómico: 202° 58.0'

Calcular Guardar Salir

Figura 19: Coordenadas horizontales

Fecha: martes , 8 de noviembre de 2016

Astro: Achemar - 9

Hora oficial de la observación

Hora: 0 Minutos: 0 Segundos: 0

Declinación: -57° 9.3'

Horario en Greenwich: 352° 56.4'

Magnitud: 0.5

Calcular Guardar Salir

Figura 20: Coordenadas ecuatoriales

Astro: Límbulo superior
 Límbulo inferior

Altura observada

Grados: Minutos:

Culminación

Norte Sur

Hora oficial de paso:
Altura verdadera:
Magnitud:
Latitud:

Figura 21: Latitud por altura meridiana superior

Astro: Límite superior
 Límite inferior

Altura observada

Grados: Minutos:

Hora oficial de paso:
Altura verdadera:
Magnitud:
Latitud:

Figura 22: Latitud por altura meridiana inferior

Altura observada

Grados: Minutos:

Culminación

Norte Sur

Hora oficial de la observación

Hora: Minutos: Segundos:

Astro: Limpiar selección

Limpiar selección

Magnitud:

Altura verdadera:

Latitud:

Figura 23: Circunmeridiana

Altura observada

Grados: 6 Minutos: 0.0

Hora oficial de la observación

Hora: 0 Minutos: 0 Segundos: 0

Altura verdadera: 5° 27.6'

Latitud: 4° 47.8' N

Calcular Guardar Salir

ACTUALIZAR LATITUD ACTUAL

Figura 24: Latitud polar

Rumbo (grados) 0 Velocidad (nudos) 0 Corrección de índice (segundos) 0 Nº Astros 3 4 5

Situación inicial estimada: Latitud: 50 Grados 0.0 Minutos Norte Sur Longitud: 0 Grados 0.0 Minutos Este Oeste Situación corregida: Latitud: Longitud:

Hora oficial observación: Hora Minutos Segundos Altura instrumental: Grados Minutos Segundos

Astro 1: [dropdown] 0 0 0 6 0.0 0.0

Astro 2: [dropdown] 0 0 0 6 0.0 0.0

Astro 3: [dropdown] 0 0 0 6 0.0 0.0

Astro 4: [dropdown] 0 0 0 6 0.0 0.0

Astro 5: [dropdown] 0 0 0 6 0.0 0.0

Calcular Guardar Salir

ACTUALIZAR POSICIÓN ACTUAL

Figura 25: Posicionamiento por observación

Situación inicial Latitud: 0 0,00 Norte Sur
 Longitud: 0 0,00 Este Oeste

Velocidad - Tiempo
 Distancia
 Distancia - Tiempo
 Distancia - Velocidad

Minutos Horas Días

Eliminar	Rumbo (grados)
X	0

Velocidad (nudos)	Tiempo (minutos)
5	5

Distancia (millas)
0,42

Situación final estimada
 Latitud: 0° 0,42' N
 Longitud: 0° 0,00' E

¿Calcular intensidad horaria del error?

Situación final verdadera Latitud: 0 0,00 Norte Sur
 Longitud: 0 0,00 Este Oeste

Velocidad desvío: 300,0 millas/hora
 Rumbo: 180,0°

Figura 26: Navegación loxodrómica

Punto inicial: 26 52,00 Norte Sur
 12 13,00 Este Oeste

Punto final: 0 0,00 Norte Sur
 0 0,00 Este Oeste

Ninguno Velocidad Tiempo

Minutos Horas Días

Velocidad (nudos): 0,0 Tiempo: 0,0

Situación inicial: 0° 0,00' N | 0° 0,00' E
Situación final: 26° 52,00' S | 12° 13,00' O
Rumbo directo: 203,9°
Distancia loxodrómica total: 3054,8 millas
Distancia loxodrómica directa: 1762,6 millas

Punto inicial	Punto final	Rumbo loxodrómico	Distancia (millas)
0° 0,00' N 0° 0,00' E	4° 0,00' N 0° 0,00' E	0,0°	240,0 millas
4° 0,00' N 0° 0,00' E	7° 0,00' N 0° 0,00' E	0,0°	180,0 millas
7° 0,00' N 0° 0,00' E	0° 0,00' N 8° 0,00' E	131,2°	637,1 millas
0° 0,00' N 8° 0,00' E	26° 52,00' S 12° 13,00' O	216,2°	1997,6 millas

Figura 27: Navegación loxodrómica inversa

Grados Minutos Grados Minutos

Situación inicial: 53 39,00 Norte Sur Situación final: 17 30,00 Norte Sur

Puertos: 9 31,00 Este Oeste Puertos: 50 11,00 Este Oeste

Nº cambios de rumbo: 6

Velocidad (nudos): 2,00

Paralelo máximo: 0 Norte Sur

Calcular Guardar Salir

Distancia Ortodrómica (teórica): 2871,49 millas
 Distancia total recorrida (real): 2872,89 millas
 Distancia loxodrómica (teórica): 2939,92 millas
 Ganancia: 67,03 millas
 Tiempo total: 1436,45 minutos

Minutos

Navegación	Tipo de punto	Punto inicial	Punto final	Rumbo loxodrómico	Distancia (millas)	Tiempo(minutos)
Ortodrómica	Intermedio	53° 39,00' N 9° 31,00' E	51° 7,94' N 15° 19,57' E	125,38°	260,90	130,45
Ortodrómica	Intermedio	51° 7,94' N 15° 19,57' E	47° 58,90' N 21° 8,14' E	129,90°	294,73	147,36
Ortodrómica	Intermedio	47° 58,90' N 21° 8,14' E	44° 3,48' N 26° 56,71' E	134,20°	337,65	168,83
Ortodrómica	Intermedio	44° 3,48' N 26° 56,71' E	39° 11,75' N 32° 45,29' E	138,23°	391,15	195,57
Ortodrómica	Intermedio	39° 11,75' N 32° 45,29' E	33° 13,23' N 38° 33,86' E	141,89°	455,67	227,84
Ortodrómica	Intermedio	33° 13,23' N 38° 33,86' E	25° 59,63' N 44° 22,43' E	145,05°	529,01	264,51
Ortodrómica	Final	25° 59,63' N 44° 22,43' E	17° 30,00' N 50° 11,00' E	147,57°	603,78	301,89

Figura 28: Navegación ortodrómica

Fecha: martes , 8 de noviembre de 2016

Astro: Alpheratz - 1

Hora oficial de la observación

Hora: 0 Minutos: 0 Segundos: 0

Calcular Guardar Salir

Horario en Greenwich: 15^h 12,6'

Magnitud: 2.1

Ascensión recta: +2^h 19,2' Grados Horas

Declinación: +29^h 11,1'

Figura 29: Otros datos para hoy/una fecha

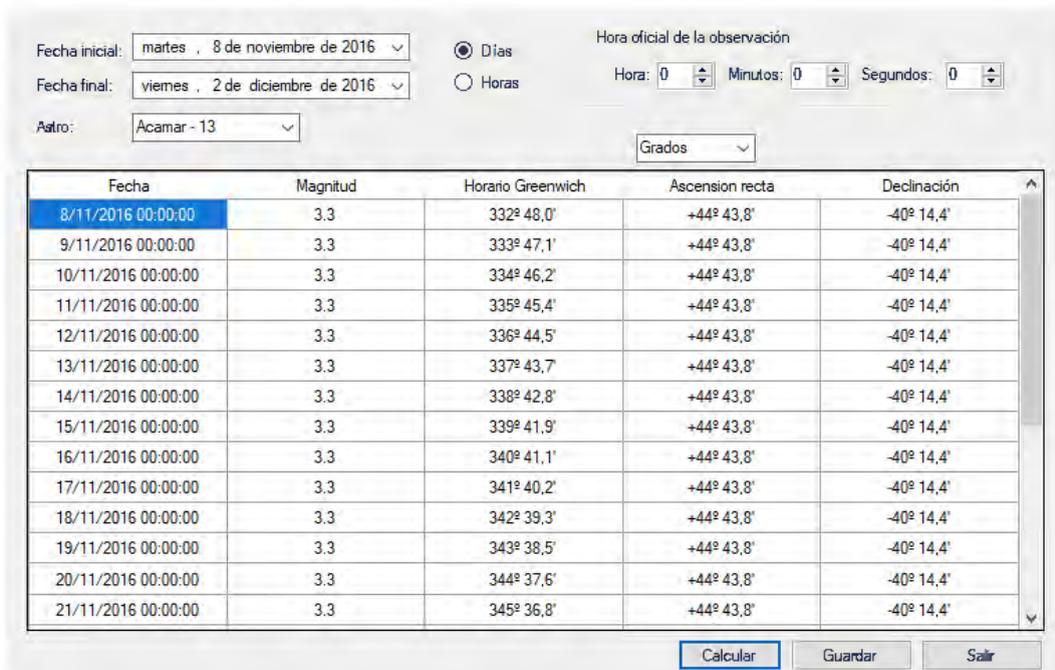


Figura 30: Otros datos en un intervalo

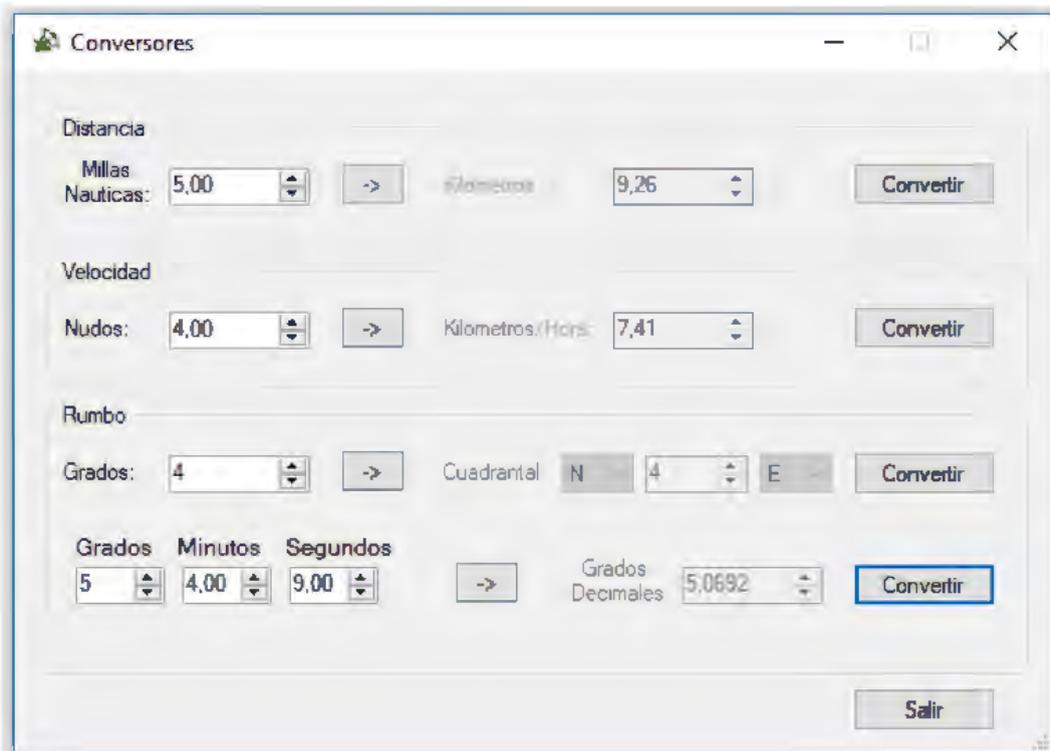


Figura 31: Conversores

6. Diseño del sistema

6.1. Diseño de la arquitectura

6.1.1. Arquitectura lógica

Se realiza una **aplicación de escritorio** para Windows 7 en adelante sin uso de base de datos para mejorar el rendimiento de la aplicación.

La aplicación consta de dos partes:

- **Vistas:** Parte de la aplicación con la cual el usuario interactúa con la aplicación.
- **Lógica:** Las vistas contactan con la lógica de la aplicación, esta calcula los datos y los manda de nuevo a las vistas para mostrar los resultados.

6.1.2. Arquitectura física

Para la arquitectura física existen 2 premisas:

- Mínimo 1 GB de RAM.
- Mínimo 4.5 GB de espacio libre en el disco duro.

Estos son los requisitos mínimos que solicita .NET Framework 4.5. Sería altamente recomendable disponer de 2 GB de RAM para que el PC vaya con fluidez en caso de estar realizando otras tareas.

7. Implementación del sistema

7.1. Entorno tecnológico

Como IDE he utilizado Microsoft Visual Studio. Es la primera vez que utilizo este IDE pero necesitaba realizar una aplicación para Windows y este IDE me lo facilitaba.

Además, a parte de esto, Microsoft Visual Studio ofrece una serie de herramientas para realizar tu aplicación en multiplataforma (Windows, Android o iOS) a partir de la misma lógica, solo habría que realizar la vista correspondiente a cada plataforma y esto es muy importante para el desarrollo futuro de la aplicación para dispositivos móviles.

7.2. Aplicaciones para la gestión de la información

- **GitHub:** GitHub es una plataforma de desarrollo colaborativo para alojar proyectos utilizando el sistema de control de versiones Git.
- **Overleaf:** Overleaf es un servicio gratuito que te permite crear, editar y compartir mis escritos realizados en \LaTeX fácilmente y de manera online.
- **\LaTeX :** \LaTeX es un sistema de composición de textos, orientado a la creación de documentos escritos que presenten una alta calidad tipográfica. Por sus características y posibilidades, es usado de forma especialmente intensa en la generación de artículos y libros científicos que incluyen, entre otros elementos, expresiones matemáticas.
- **GanttProject:** GanttProject es un software libre de gestión de programas desarrollado en lenguaje Java, lo que permite que se pueda usar en la gran mayoría de sistemas operativos: Windows, Linux o Mac OS X. GanttProject permite hacer la planificación de un programa o proyecto a través de la realización de un diagrama de Gantt. Esta herramienta permite hacer diagramas de Gantt y diagramas PERT.

7.3. Código fuente

La solución consta de 3 proyectos:

- **ANDI**: Se encuentran los archivos pertenecientes al programa en sí.
- **ANDI.data (portable)**: Archivos y datos que si se hiciera otro proyecto relacionado con este, podrían ser usados en común.
- **SwissEphNet (portable)**: Librería que lee y trata el archivo Efemérides y con la cual se realizan los principales cálculos internos de la aplicación añadida externamente a la aplicación.

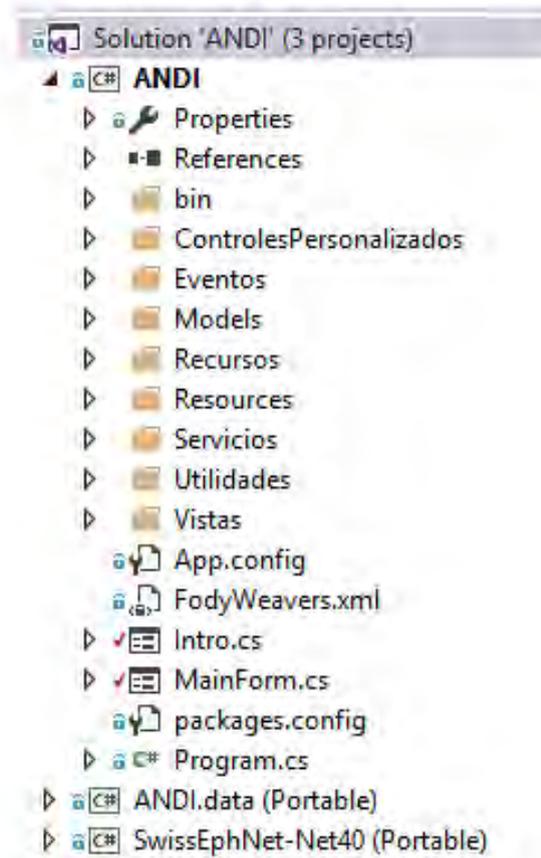


Figura 32: Propiedades, controles, eventos, modelos, vistas, etc...

En la figura 32 pueden verse las carpetas y archivos que componen la solución.

- **Controles Personalizados:** Esta carpeta contiene los controles personalizados que se han programado. Ahora mismo solo hay uno, una caja de texto que solo admite números, especial para todos los datos de entrada que necesita el programa.
- **Eventos:** Carpeta que contiene los códigos que manejan los eventos delegados de la aplicación, en este caso los eventos de *Actualizar*, *Historial* y *Quitar*.
- **Modelos:** Clases modelo que se usan para guardar la información de las ventanas y ser guardadas en el historial.
- **Recursos:** Contiene los archivos externos de la aplicación ya sean iconos, fotos usadas o el propio archivo de efemérides
- **Servicios:** Funcionalidades que actúan en segundo plano pero que son fundamentales para complementar la aplicación.
- **Utilidades:** Clases que corresponden a funciones y cálculos que las vistas utilizan para obtener los datos han de mostrar.
- **Vistas:** Carpeta contenedora de las clases las cuales están programadas las vistas del usuario, es decir, la interfaz externa.
- **Clases:** Carpeta que contiene las clases que trabajan con los astros y los planetas.
- **Datos:** Contiene los datos, en este caso, de los 99 astros que usa el ANdi.

8. Pruebas

8.1. Pruebas de caja blanca y caja negra

- **Caja blanca:** Este tipo de pruebas son hechas conociendo como funciona el código y la propia aplicación. El encargado de hacer las pruebas (*tester*) elige los datos de entrada apropiados para que el programa de manera interna recorra todos los posibles caminos y así determinar si las salidas proporcionadas son las correctas.
- **Caja negra:** Este tipo de pruebas son pruebas funcionales, no necesitas saber como funciona el sistema para probarlas.

8.1.1. Valores límite

Es un tipo de prueba de caja negra que consiste en hacer pruebas con los límites de los datos admitidos como datos de entrada y ver si devuelve los resultados correctos.

En este caso se han probado los valores mínimos y máximos que los campos de entrada admitían y los resultados han seguido siendo los correctos.

8.1.2. Funcionalidad de los botones y apariencia

Todas las vistas muestran los resultados correctamente y permiten como datos de entrada solo los valores dentro del rango establecido. Por ejemplo, el valor de la *Hora* debe estar entre 0 y 23 y ha de ser un valor entero.

Se ha comprobado que cada botón funciona correctamente y hace lo que tiene que hacer y cuando tiene que hacerlo. Esto último se debe a que hay ciertos momentos durante la ejecución de la aplicación que los botones no deben de funcionar y eso también se ha logrado.

9. Manual de instalación

9.1. Introducción

Hoy en día, es conocida la gran utilidad que te ofrece un GPS para cualquier persona que desee conocer su situación ya sea en tierra o, como es nuestro caso, en el mar. El inconveniente de estos aparatos es que si, por un casual, se pierde la cobertura o sufre algún fallo electrónico, el GPS queda totalmente inoperativo, de ahí que aun sea obligatorio salir a alta mar con las cartas náuticas. Esta aplicación es la alternativa en papel a todo lo dicho anteriormente ya que facilita la tarea del marino que se encuentre con la necesidad de saber donde se encuentra.

9.2. Requisitos previos

- **Hardware:**

- Ordenador con 1 GB de RAM y 4.5 GB de espacio libre en el disco duro.

- **Software:**

- .NET Framework 4.5

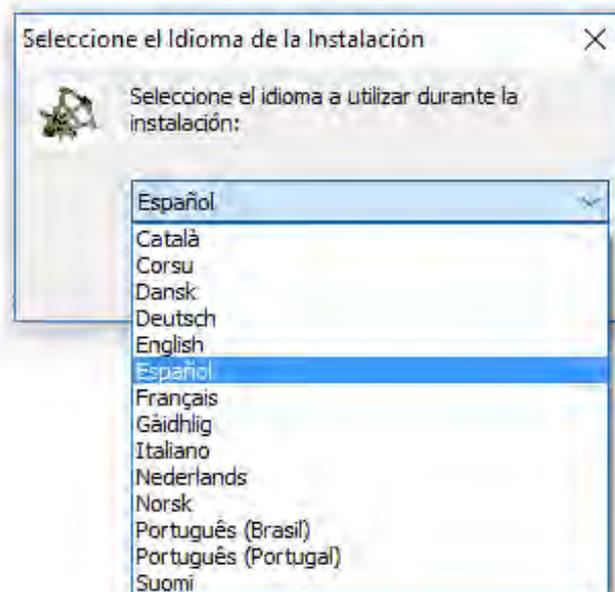
9.3. Instalación

Se proporciona un instalador que se encargará de toda la instalación del programa. Instalará automáticamente la aplicación, la fuente necesitada (Astro) y .NET Framework 4.5 en caso de ser necesario. Para instalar el programa hay que seguir unos sencillos pasos:

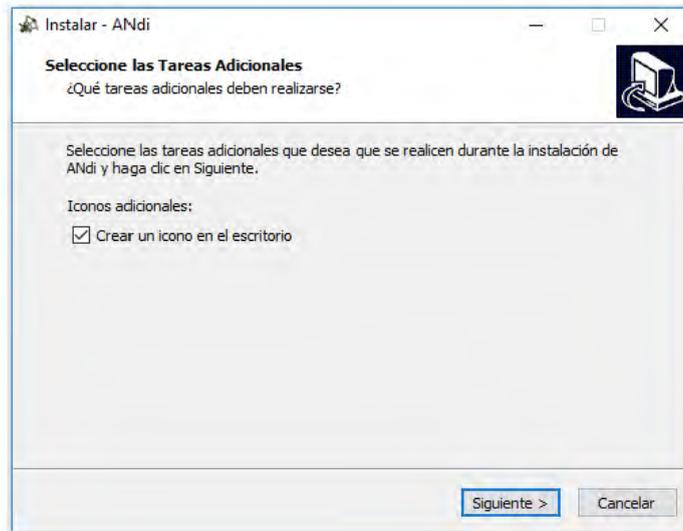
1. Hacer doble clic en el archivo ejecutable ANdi.exe.



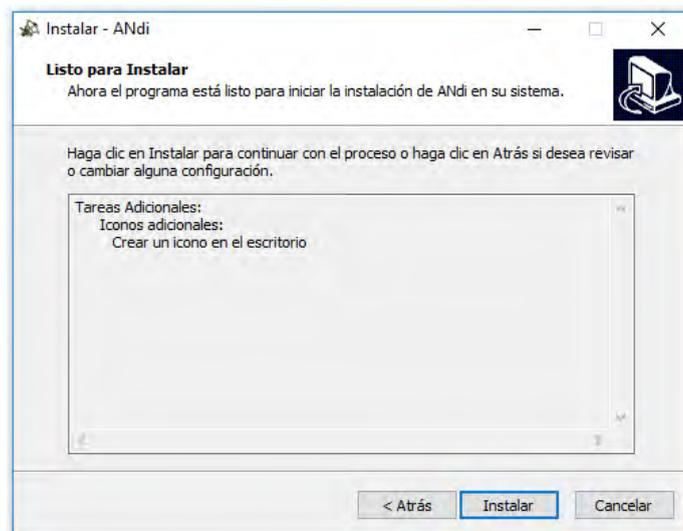
2. Una vez iniciada la instalación, nos pedirá seleccionar el idioma. Lo seleccionamos y le damos a **Aceptar**.



- Nos preguntará si deseamos poner un icono del programa en el escritorio. Marcamos la casilla si lo deseamos o no, en caso contrario y le damos a **Siguiente**.



- Ya tenemos todo listo para instalar. Comprobamos que todo esté correcto y hacemos clic en **Instalar**. En caso de que no esté de acuerdo con algún detalle de los anteriores, siempre puede **Cancelar** la instalación para reiniciar la instalación o darle a **Atrás** para modificar algo.



5. Por último, una vez acabada la instalación, nos preguntará si deseamos ejecutar el ANdi. En caso de querer que se ejecute, marcamos la casilla y le damos a **Finalizar**.



10. Conclusiones

10.1. Objetivos logrados

Se ha conseguido una aplicación que es funcional en sistemas operativos Windows 7 en adelante y que proporciona información al marino de datos que le serán de utilidad para saber su posición en el mar.

10.2. Lecciones aprendidas

Durante todo el tiempo empleado en el desarrollo de la aplicación, he aprendido lo siguiente:

- Como trabajar con un cliente real. Esto es algo muy importante ya que el día a día en un trabajo real, el trato con el cliente es fundamental.
- Como dividir un proyecto en fases y plazos para una correcta organización.
- Se han mejorado las prácticas y conocimientos en la siguientes materias:
 - Microsoft Visual Studio
 - C#
 - JSON
 - Inno Setup
 - Git.
 - L^AT_EX.
- Conocimientos sobre navegación astronómica.
- Convivir y trabajar en un ambiente real como es el Real Instituto y Observatorio de la Armada.

La experiencia obtenida durante el desarrollo de la aplicación ha sido definitivamente muy útil y enriquecedora para mi formación como Ingeniero Informático.

11. Trabajo futuro y posibles mejoras

Tras una primer estudio de viabilidad, las posibles mejoras pueden ser las siguientes:

- Incorporación de cartas que nos indiquen gráficamente la situación observada.
- Mejora de la interface de la aplicación, incorporando gráficos explicativos de los datos obtenidos, y animaciones cortas que ayuden al usuario.
- La posibilidad de hacer la aplicación para otras plataformas como pueden ser Linux o plataformas móviles como Android o iOS.

Referencias

- [1] Diferentes definiciones y conceptos sobre navegación astronómica.
<https://es.wikipedia.org>

- [2] Vídeos aclaratorios y explicativos sobre diferentes conceptos.
<https://www.youtube.com>

- [3] Astrosurf.
<http://www.astrosurf.com/astronosur>

- [4] Curso de iniciación sobre astronomía..
<http://www.astrored.org/iniciacion/curso/1-astronomia-de-posicion.php>

- [5] FERNANDEZ, F. Curso de astronomía náutica y navegación (2001)

- [6] Sección de Efemérides del Real Instituto y Observatorio de la Armada.
Almanaque Náutico (2016)

- [7] FUENTES, E. Boletín ROA No. 4/99 Diseño de una interfaz gráfica para el almanaque náutico.

- [8] LARA, M. y LÓPEZ, T. Boletín ROA No. 8/99 ANdi. Manual de usuario.

A. Manual de usuario

Haciendo referencia al **Boletín ROA No. 8/99**.

A.1. Introducción

El objeto de esta aplicación es facilitar a los navegantes tanto la preparación de la observación astronómica como el cálculo de su situación en la mar. También facilita otros datos útiles al navegante. En concreto ofrece las siguientes posibilidades, sin restricción en cuanto posición geográfica del observador:

- Cálculo de fenómenos de Sol y Luna.
- Preparación de la observación.
- Cálculo de la latitud por observación de la Polar, meridiana y circunmeridiana.
- Auxilio en la resolución del problema de la recta de altura, proporcionando el acimut y el Δa .

El ANdi es de muy fácil uso, utilizando un sistema de menús que es en gran medida autoexplicativo.

Este manual consta de cuatro capítulos, además de esta introducción y de un glosario. En el capítulo siguiente se especifican de forma general las prestaciones de la aplicación y se describe el manejo de la interfaz del usuario.

El núcleo del manual es el capítulo 3, en el que se detallan las distintas operaciones que pueden realizarse con el ANdi. El tercer capítulo habla sobre la ocurrencia de fenómenos con 3 apartados y el último capítulo trata sobre un catálogo de las estrellas y las constelaciones.

La aplicación dispone de controles que pretenden evitar la introducción de datos absurdos por parte del usuario, eliminándose así tanto posibles errores de cálculo como errores de ejecución.

El ANdi se ha diseñado pensando en el navegante, por lo que se sobrentiende que el usuario posee conocimientos de navegación astronómica. No obstante, en la mayoría de las secciones del capítulo 3 se ha incluido, a modo de recordatorio, un breve comentario sobre las consideraciones astronómicas relativas al cálculo correspondiente.

A.2. Descripción general

A.2.1. Generalidades

El ANdi es una versión informática de la publicación *Almanaque Náutico*, desarrollada para ordenadores personales compatibles. En este caso, se ha desarrollado para sistemas operativos con *Windows 7* o superior que tengan instalado *.NET Framework 4.5* o superior.

La aplicación es interactiva y dispone de una serie de menús, cuyo uso resulta sencillo e intuitivo. Las pantallas que presenta están estructuradas en una cabecera, en la que se indica el periodo de validez del fichero de efemérides, una o mas ventanas que permiten realizar la interacción con la aplicación, y una barra de estado en la parte inferior, la cual contiene los datos relativos al observador que utilizará el ANdi para realizar los diferentes cálculos.



Figura 33: Pantalla inicial del ANdi. Se compone de la cabecera, donde se indican el periodo de validez de las efemérides, el menú principal y la barra de estado, con la fecha y los datos relativos al observador.

A.2.2. Prestaciones del ANdi

El ANdi es una herramienta en la que puede apoyarse el navegante para resolver una gran variedad de problemas relativos a la navegación astronómica. Así, resuelve el problema general de la recta de altura (Determinante Punto Aproximado) y aquellos casos particulares que permiten determinar directamente la latitud (observaciones meridianas, circunmeridianas y de la Polar). Además, facilita la reducción de otro tipo de observaciones, como la situación por grandes alturas, facilitando las coordenadas ecuatoriales de los astros.

También auxilia de manera importante en la preparación de las observaciones, proporcionando las horas de los crepúsculos y pasos por el meridiano, así como las coordenadas horizontales para la identificación de astros. Finalmente, para resolver otro tipo de problemas, como pueden ser el cálculo de la corrección de aguja, la corrección de índice del sextante, etc., se ofrecen otros datos como los acímites del Sol a la salida y la puesta, el semidiámetro del Sol, la edad de la Luna, etc.

Las cantidades angulares se presentan a la décima de minuto de arco y las horas de los fenómenos a la décima de minuto de tiempo, precisiones ambas suficientes para los problemas astronómicos que trata el navegante. El argumento tiempo utilizando en el ANdi siempre es la hora oficial y, salvo indicación en contra, las alturas que presenta son verdaderas.

Para realizar los diferentes cálculos, el ANdi utiliza la situación de estima del observador, su elevación sobre el nivel del mar y la diferencia entre la hora oficial y el Tiempo Universal (UT). Por defecto dichos datos son los últimos que haya usado el usuario salvo la primera vez, que vienen una serie de datos por defecto. Estos datos pueden ser modificados siempre que el usuario lo desee en *Actualizar datos*.

En el período de validez de las efemérides, el ANdi permite trabajar con el Sol, la Luna, Venus, Marte, Júpiter, Saturno y las 99 estrellas de catálogo que se encuentran en el último capítulo, en donde se han incluido todas las de primera, segunda magnitud y algunas de tercera. Las estrellas se identifican mediante su número de catálogo, y se han asignado los números del 100 al 105 para Venus, Marte, Júpiter, Saturno, la Luna y el Sol respectivamente.

Con la intención de simplificar su uso, el ANdi se ha estructurado en cuatro partes:

- **Fenómenos de Sol:** Para el día de la fecha, proporciona el semidiámetro, la hora de paso por el meridiano superior del lugar y la altura verdadera y acimut en la culminación correspondientes, las horas de salida y puesta de Sol y los acimutes correspondientes, así como el comienzo y fin de los crepúsculos civil y náutico.

Para mayor comodidad del usuario, también existe la posibilidad de obtener las horas de salida, puesta y paso por el meridiano superior del lugar para un intervalo.

- **Fenómenos de Luna:** Proporciona, en el día de la fecha, las horas de salida y puesta de Luna y los acimutes correspondientes, la hora de paso por el meridiano superior del lugar y su altura verdadera y acimut en la culminación en este instante, y la edad. También ofrece la posibilidad de presentar datos para un intervalo seleccionado por el usuario.
- **Preparación de la observación:** Facilita la identificación de los astros observables en los crepúsculos matutino y vespertino, o a cualquier hora, y proporciona el paso de un astro por los meridianos superior e inferior.
- **Reducción de la observación:** Realiza el cálculo del Determinante Punto Aproximado y de la latitud a partir de la observación de alturas meridianas, circunmeridianas o de la Polar. Proporciona las coordenadas horizontales y ecuatoriales de los astros y realiza la conversión de alturas observadas en verdaderas.

A.2.3. Manejo de la interfaz de usuario

Básicamente existen dos tipos de ventanas, dependiendo de la opción seleccionada: ventanas pasivas, que únicamente presentan resultados, y ventanas interactivas, que requieren la introducción de datos por parte del usuario.

En aquellas ventanas en las que sea necesario especificar un astro, se hará seleccionándolo de una lista desplegable donde se hallarán todos los astros ordenados por su número de catálogo.

La aplicación dispone de controles para asegurar tanto que la naturaleza de los datos (letras o números) es la adecuada como que dichos datos están en el rango correcto; así por ejemplo, la aplicación rechazará una latitud de 93° o una hora de 25.

A.3. Cálculos con el ANdi

A.3.1. Preliminares

Al iniciar la sesión con el ANdi, si es la primera vez la fecha y el resto de datos que figuran en la barra de estado (diferencia entre hora oficial y UT y situación del observador) se tomarán los valores que trae por defecto el sistema o los últimos datos usados por el usuario.

En el caso de que alguna vez, al introducir la fecha, esta no perteneciese al intervalo de validez del fichero que contiene las efemérides (intervalo que aparece en la cabecera de la ventana principal), el programa avisaría de esto y pondría la fecha de hoy.

En las ocasiones en que sea necesario interactuar con el ANdi, la introducción de datos fuera de los rangos aceptables por la aplicación será rechazada por ésta, notificándolo con un mensaje de error.

A.3.1.1. Actualización de datos

Los datos de la barra de estado pueden modificarse seleccionando la opción *Actualizar datos* en el menú principal, con lo que aparecerá la pantalla de la figura 34.

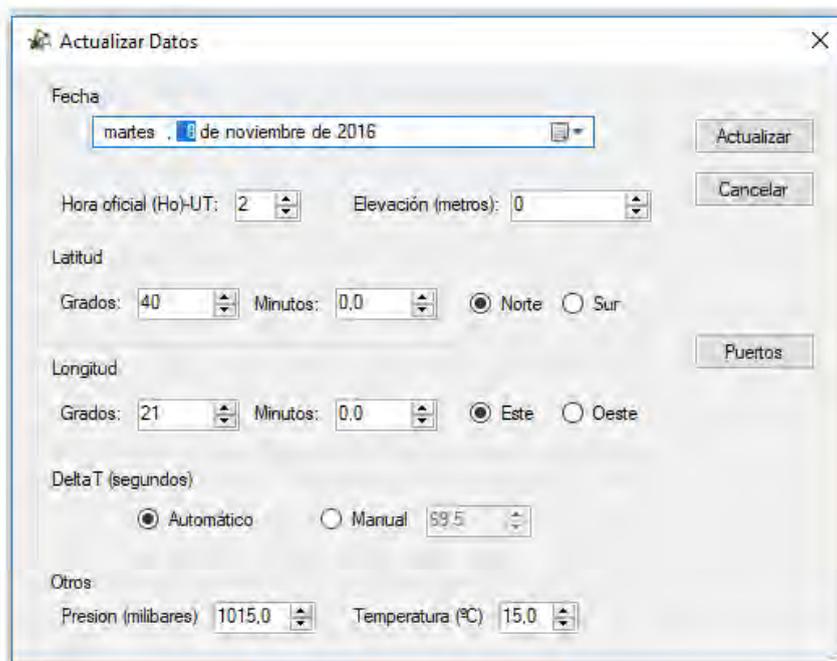


Figura 34: Ventana de actualización de datos.

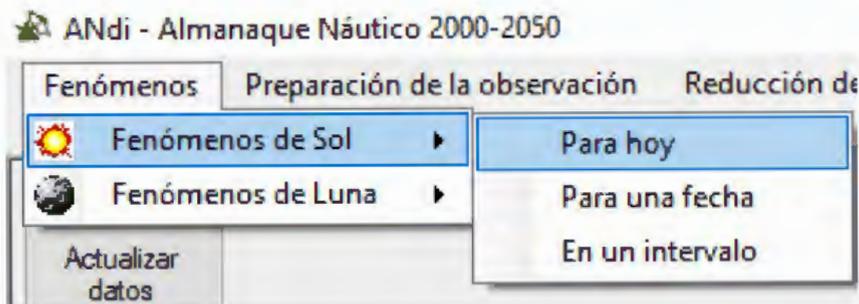
Los datos se modifican teniendo las siguientes consideraciones:

- La latitud varía entre $0^{\circ} 0,0'$ y $90^{\circ} 0,0'$, utilizándose las letras N y S para latitudes norte y sur, respectivamente; la precisión admitida es la décima de minuto de arco.
- La longitud varía entre $0^{\circ} 0,0'$ y $180^{\circ} 0,0'$, utilizándose las letras E y O para longitudes al este y al oeste del meridiano de Greenwich respectivamente; al igual que la latitud, admite una precisión de la décima de minuto de arco.
- La fecha se expresa por el día, el mes y el año, con la restricción impuesta por el período de validez del fichero efemérides, que figura en la cabecera de la pantalla.
- La diferencia entre la hora oficial y el UT son horas enteras en el rango entre -11 y +12.
- La elevación corresponde a la altura del observador sobre el nivel del mar, variando en el rango 0,0 a 9.999,9 metros.

Una vez finalizada la modificación de los datos, éstos serán reconocidos por el ANdi al pulsar *Aceptar*.

A.3.2. Fenómenos de Sol

Este submenú presenta dos opciones que permiten calcular los fenómenos de Sol para la fecha y para un intervalo, respectivamente. Al seleccionar *Para*



la fecha, se obtiene una ventana con las horas oficiales de salida, puesta y crepúsculos, el semidiámetro a 0^h (hora oficial), el paso por el meridiano superior del lugar y los acimutes de las salidas y puestas de los limbos superior e inferior del Sol (figura 35).

Fecha

Semidiámetro

Paso meridiano superior lugar

Hora oficial

Altura verdadera

Culminación

Acimutes a la salida y puesta

	Limbo superior	Limbo inferior
Salida:	111° 16,1' a 7h 13m	111° 44,9' a 7h 16m
Puesta:	248° 34,1' a 17h 26m	248° 5,4' a 17h 23m

Horas oficiales de ...

Salida Principio crepúsculo civil Fin crepúsculo civil

Puesta Principio crepúsculo náutico Fin crepúsculo náutico

Figura 35: Ventana 1 - Fenómenos de Sol para la fecha.

La opción *En un intervalo* lista de día en día las horas oficiales de salida, paso por el meridiano, y puesta del Sol en el período previamente introducido.

Las horas de salida y puesta del Sol corresponden a los instantes de tangencia de su limbo superior con el horizonte del observador. Tanto la depresión del horizonte, debida a la elevación del observador sobre el nivel del mar, como la refracción terrestre, se tienen en cuenta al calcular estas horas, despreciándose el efecto de la paralaje diurna. En el proceso de cálculo se supone que, debido a la refracción, al estar el Sol próximo al horizonte se observa con una altura 34' mayor que la real y que su semidiámetro siempre es 16'.

El principio y el fin de los crepúsculos son los instantes en los que la distancia cenital del Sol es 96° , para el crepúsculo civil, y 102° , para el náutico, más la corrección por la depresión del horizonte.

Al seleccionar el intervalo, debe tenerse en cuenta que algunas de las horas oficiales calculadas podrían diferir de las reales, si el cambio estacional de la hora oficial, que habitualmente se realiza en primavera y en otoño, ocurriese dentro de dicho intervalo.

Al no existir restricción alguna en cuanto a la latitud del observador, puede darse el caso de que no se produzca un fenómeno en una fecha determinada, hecho que se reflejará convenientemente en la pantalla. Más detalles sobre estos casos y otros casos críticos, serán facilitados en el capítulo 3.

A.3.3. Fenómenos de Luna

Al igual que en el caso del Sol, el submenú *Fenómenos de Luna* permite el cálculo de fenómenos para la fecha o para un intervalo. Dichos fenómenos son las horas oficiales de salida y puesta de Luna, su edad y semidiámetro a 0^h (hora oficial) y el paso por el meridiano superior del lugar, si se selecciona *Para la fecha*; y la edad y las horas oficiales de salida, paso por el meridiano y puesta, si se elige *En un intervalo*. En este último caso es de aplicación lo



Figura 36: Fenómenos de Luna en un intervalo.

dicho para el Sol tanto para la amplitud del intervalo como para el cambio estacional de la hora oficial.

La salida y la puesta de la Luna son los instantes de tangencia de su limbo superior con el horizonte del observador. Mientras que la refracción y la elevación del observador se consideran de la misma forma que para el Sol, la paralaje diurna y el semidiámetro de la Luna que se utilizan en el cálculo de las horas son los que corresponden al instante en cuestión.

A.3.4. Preparación de la observación

Este submenú auxilia al navegante de la preparación de sus observaciones astronómicas, proporcionando la hora oficial de paso de un astro por el meridiano del lugar y su correspondiente altura, así como las coordenadas horizontales de los astros por encima del horizonte, bien en los crepúsculos, bien a una hora seleccionada por el observador.

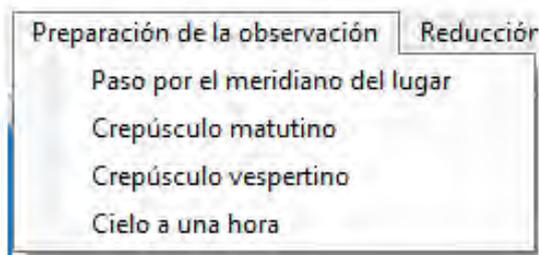


Figura 37: Submenú preparación de la observación

A.3.4.1. Paso por el meridiano del lugar

Superior Inferior

Fecha: martes , 8 de noviembre de 2016

Astro: Ankaa - 4

Magnitud	2.4
Hora oficial de paso	21h 49.4m
Culminación	Sur
Altura verdadera	+7º 47.0'

Permite calcular la hora oficial del paso de un astro por los meridianos superior e inferior del lugar. También facilita la altura verdadera en el paso y, en caso de haberse seleccionado *Meridiano superior*, el acimut en la culminación. El astro se selecciona por su número de catálogo, que puede seleccionarse de la propia lista de astros.

A.3.4.2. Observación de los crepúsculos

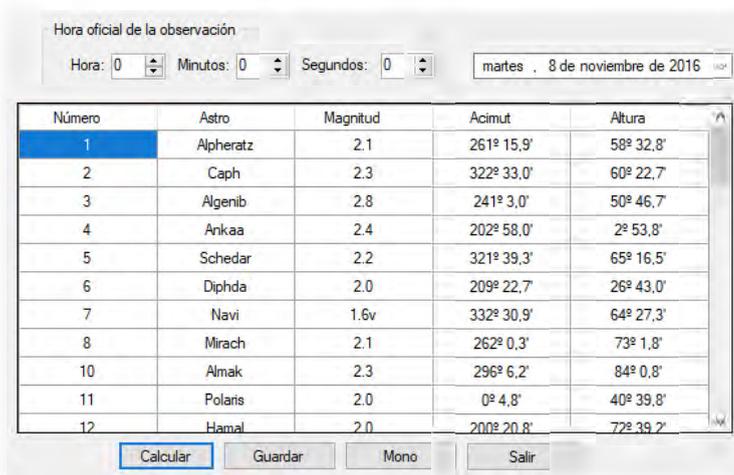
Número	Astro	Magnitud	Acimut	Altura
2	Caph	2.3	337° 15,4'	16° 25,2'
5	Schedar	2.2	332° 9,3'	16° 55,6'
7	Navi	1.6v	333° 29,8'	21° 25,9'
10	Almak	2.3	311° 47,1'	16° 47,9'
11	Polaris	2.0	359° 7,9'	39° 58,2'
15	Algol	2.1v	303° 6,6'	25° 46,2'
16	Mirfak	1.8	310° 30,1'	32° 31,9'
17	Alcyone	2.9	282° 38,1'	23° 24,9'
19	Aldebaran	0.9	268° 24,6'	28° 10,1'
20	Rigel	0.1	241° 24,0'	18° 36,8'
21	Canella	0.1	297° 45,9'	49° 5,1'

Figura 38: Crepúsculo matutino

Al seleccionar *Crepúsculo matutino* o *Crepúsculo vespertino*, el ANdi proporciona la magnitud y las coordenadas horizontales de los astros que se observan con altura verdadera mayor que 10° a la hora intermedia entre el crepúsculo civil y náutico. Esta hora, que se indica en la parte superior de la ventana correspondiente (ver figura A.3.4.1), podría no ser la adecuada (por ejemplo para observadores en latitudes altas), en cuyo caso se recomienda utilizar la opción *Cielo a una hora*.

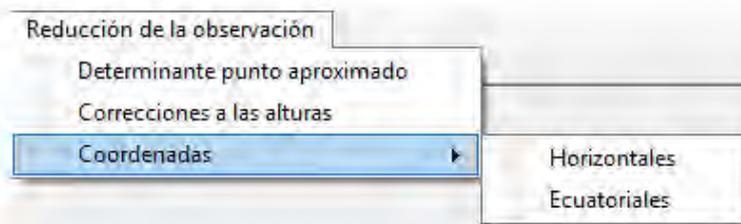
A.3.4.3. Cielo a una hora

Esta opción permite obtener las coordenadas horizontales de los astros que se encuentran por encima del horizonte a una hora determinada, que será introducida por el usuario a requerimiento del ANdi. Dichos astros se presentan en una lista con el mismo formato que el de observación al crepúsculo. Evidentemente, en el caso de que a la hora seleccionada el Sol se encuentre por encima del horizonte, la mayoría de los astros presentados no serían observables.



Otra utilidad relevante de esta opción es auxiliar en la reducción de la observación de un astro que no ha sido previamente identificado o que se ha observado equivocadamente. La identificación puede realizarse fácilmente cotejando la lista de astros obtenida a la hora de la observación con el acimut observado del astro y su altura verdadera, calculada a partir de la observada en Correcciones a las alturas observadas (3.5.5).

A.3.5. Reducción de observaciones



Este submenú efectúa la reducción de observaciones astronómicas con el fin de facilitar a los navegantes la determinación de su posición en la mar. Así, mientras que de observaciones de la Polar o de astros a su paso por el meridiano se obtiene la latitud del observador, de otras observaciones, se puede obtener directamente el *Determinante Punto Aproximado*, que permite trazar la recta de altura sobre al carta mercatoriana. También, al objeto de simplificar la determinación de la posición mediante otros métodos, como por ejemplo la observación de grandes alturas, se posibilita tanto el paso de alturas observadas a verdaderas como el cálculo de coordenadas horizontales y ecuatoriales de un astro.

A.3.5.1. Determinante Punto Aproximado

Esta opción facilita el cálculo del Determinante Punto Aproximado correspondiente a la observación de un astro. Los cálculos se realizan adoptando como situación estimada la que aparece en la barra de estado, que en el caso de reducción de observaciones a distintas horas, habrá que modificar en *Actualizar datos* de acuerdo con la estima del buque. Para cada reducción, el usuario debe elegir el astro observado de la lista e introducir la hora oficial de la observación y la altura observada. Para el Sol y la Luna el ANdi también requerirá la especificación del limbo observado. La selección del astro puede realizarse directamente del catálogo en la forma habitual.

Fecha: martes . 8 de noviembre de 2016

Astro: Navi - 7

Altura observada

Grados: 6 Minutos: 0,0

Hora oficial de la observación

Hora: 0 Minutos: 0 Segundos: 0

Magnitud: 1.6v

Altura verdadera: 5° 27.6'

Acimut: 332° 30.9'

Delta altura: -3539.7

Calcular Guardar Salir

Una vez introducidos correctamente los datos, al pulsar *Calcular*, el ANdi presentará el acimut Z y la diferencia Δa entre las alturas observadas y de estima. A partir de la situación de estima, estos datos permiten representar en la carta mercatoriana el Punto Determinante por el cual se trazará la recta de altura perpendicularmente a Z .

La posición en el mar puede determinarse mediante el corte de rectas de altura obtenidas de observaciones con el sextante. La recta de altura es una aproximación del círculo de altura sobre la carta mercatoriana; para que esta aproximación sea válida, el radio del círculo de altura debe ser lo suficientemente grande, por lo que no es recomendable observar astros demasiado elevados (alturas superiores a 65°), salvo que se vaya a tratar el problema de situación por observación de grandes alturas (ver 3.5.6).

Excepto para la observación circunmeridiana, hoy en día solo se usa el *Determinante Punto Aproximado* por dar siempre buenos resultados. Este determinante, a una hora, está compuesto por situación estimada, el acimut del astro y la diferencia entre las alturas verdadera (obtenida de la observación) y la estimada (calculada al resolver el triángulo de posición con la situación estimada). Estos datos definen el punto determinante por el cual se hace pasar la recta de altura perpendicularmente al acimut.

A.3.5.2. Latitud por altura meridiana

Este submenú proporciona la latitud de un observador a partir de la altura observada de un astro a su paso por el meridiano superior o inferior del lugar. Es necesario introducir la altura observada y elegir un astro, que puede seleccionarse directamente de la lista. En el caso de seleccionar la opción *Meridiano superior* habrá que especificar además si el astro ha culminado al norte o al sur.

Astro:

Altura observada

Grados: Minutos:

Culminación

Norte Sur

Hora oficial de paso:

Altura verdadera:

Magnitud:

Latitud:

Esta ventana dispone del botón *Actualizar*, que al pulsarlo modifica la latitud por defecto adoptando el valor de la latitud calculada. El nuevo valor se reflejará inmediatamente en la barra de estado.

A.3.5.3. Latitud por altura circunmeridiana

Esta opción proporciona la latitud de un observador a partir de la altura observada de un astro próximo al meridiano superior del lugar. Es necesario introducir la altura observada, el acimut (N o S) del astro al paso por el meridiano, la hora de observación y elegir el astro de la lista desplegable.

The image shows a software interface for calculating latitude from circumpolar altitude. The interface is organized into several sections:

- Altura observada:** Contains two spinners for "Grados" (set to 6) and "Minutos" (set to 0.0).
- Culminación:** Contains two radio buttons, "Norte" (selected) and "Sur".
- Hora oficial de la observación:** Contains three spinners for "Hora" (0), "Minutos" (0), and "Segundos" (0).
- Astro:** A dropdown menu showing "Polaris - 11". To its right are two radio buttons, "Límbdo superior" (selected) and "Límbdo inferior".
- Results:** Three text boxes showing "Magnitud: 2.0", "Altura verdadera: 5° 27,6'", and "Latitud: 4° 47,7' N".
- Buttons:** Three buttons labeled "Calcular", "Guardar", and "Salir". Below them is a red button labeled "ACTUALIZAR LATITUD ACTUAL".

A.3.5.4. Latitud por la Polar

Esta opción permite determinar directamente la latitud del observador a partir de los datos de la altura observada de la Polar y de la hora de observación. El botón *Actualizar* permite utilizar este resultado para modificar la latitud de la barra de estado.

Altura observada

Grados: 6 Minutos: 0,0

Hora oficial de la observación

Hora: 0 Minutos: 0 Segundos: 0

Altura verdadera: 5° 27.6'

Latitud: 4° 47.8' N

Calcular Guardar Salir

ACTUALIZAR LATITUD ACTUAL

A.3.5.5. Coordenadas

Las dos opciones de este submenú calculan respectivamente las coordenadas horizontales y ecuatoriales de un astro a una hora determinada. En el caso de las coordenadas ecuatoriales, se facilita el horario de Greenwich del astro. En ambos casos, la selección del astro se puede hacer directamente desde la lista desplegable de la forma habitual.

Las *Coordenadas ecuatoriales* proporcionan directamente el polo de iluminación del astro, que será de utilizada en la situación por observación de grandes alturas. Las coordenadas horizontales pueden auxiliar en la reducción de un astro que se ha observado equivocadamente, permitiendo su identificación a posteriori.

Fecha: martes , 8 de noviembre de 2016

Astro: Achemar - 9

Hora oficial de la observación

Hora: 0 Minutos: 0 Segundos: 0

Declinación: $-57^{\circ} 9,3'$

Horario en Greenwich: $352^{\circ} 56,4'$

Magnitud: 0.5

Calcular Guardar Salir

La observación de grandes alturas permite la representación del círculo de altura en la carta mercatoriana mediante una circunferencia de radio la distancia cenital verdadera obtenida de la observación y centro el Polo de Iluminación del astro; la latitud de este punto viene dada por la declinación del astro, mientras que su longitud es el horario de Greenwich contado entre 180° O y 180° E.

A.4. Sobre la ocurrencia de fenómenos

A.4.1. El “haz” o los tres problemas básicos

Los problemas astronómicos que interesan al navegante están ligados con el movimiento diurno de los astros, cuya parte fundamental corresponde a la rotación de la Tierra. El navegante observa el acimut (Z) y la altura (a) de un astro en un sistema de referencia horizontal, mientras que la posición de los astros se le suele proporcionar mediante sus coordenadas ecuatoriales: la declinación (δ) y el Ángulo Sidéreo (AS) en el caso de las estrellas o la declinación y el horario (H) para los cuerpos del sistema solar.

Ambos sistemas coordenados, horizontal y ecuatorial, se relacionan a través del triángulo de posición, cuya resolución se efectúa mediante fórmulas que proporciona la trigonometría esférica.

Básicamente, los problemas astronómicos que trata el navegante pueden encuadrarse en uno de los siguientes casos:

- **h**: Determinación de Z y a de un astro a una hora h .
- **a**: Determinación de h y Z para una altura a de un astro.
- **z**: Determinación de h y a para un acimut Z de un astro.

En el primer caso (**h**), el problema es directo y es que hay que resolver, por ejemplo, para el cálculo del “mono” en la preparación de la observación. A partir de la hora h se obtiene el horario del lugar **H** de un determinado astro y se resuelve el triángulo de posición a partir de los datos conocidos: latitud, declinación y horario.

El segundo caso (**a**) es la determinación del paso de un astro por un almucantarat y en él se encuentran, por ejemplo, el cálculo de ortos y ocasos; a partir de los datos conocidos (latitud, declinación y altura) se determinan el acimut y el ángulo en el polo, y de este último el horario y a continuación la hora.

En el tercer caso (**z**) se encuadrarían los pasos por el meridiano; a partir de la latitud, declinación y acimut (S o N para el paso por el meridiano) se determina la altura y el horario, y de éste la hora. Para estos dos últimos casos, el problema se resuelve iterativamente: para calcular la hora del fenómeno necesitamos conocer las coordenadas ecuatoriales del astro precisamente a esa hora. Mientras que para las estrellas se puede suponer que dichos valores permanecen constantes a lo largo de un día, no ocurre lo mismo con los otros astros, debido a la apreciable variación de sus coordenadas ecuatoriales.

El caso (**h**) siempre tiene solución, puesto que el triángulo de posición siempre existe, mientras que no ocurre lo mismo con los casos **a** y **z**. Así, por ejemplo, el caso **a** no tiene solución al tratar el paso de una estrella circumpolar por el

horizonte y el caso \mathbf{z} no tiene solución, en un cierto rango de acimutes, para estrellas con declinación superior a la latitud del observador. En la sección siguiente se estudian con más detalle condiciones geométricas para la ocurrencia de salida y puesta del Sol y el principio y fin de los crepúsculos.

En los casos \mathbf{a} y \mathbf{z} , aun cuando se den las condiciones geométricas necesarias, puede suceder que el fenómeno no se produzca en la fecha deseada. Un ejemplo familiar para el navegante lo proporciona la Luna, cuyo movimiento aparente está afectado de un retardo tal que en cada lunación hay un día en el que no se produce el paso por el meridiano superior del lugar. La ocurrencia de fenómenos en una fecha se tratará más adelante.

**A.4.2. Condiciones geométricas de paso por un almicantarát.
Fenómenos de Sol**

La condición geométrica límite del paso de un astro por un almicantarát viene dada por la tangencia del paralelo de declinación del astro y dicho almicantarát. En el cuadro 43 se presentan las distintas posibilidades para un astro con declinación constante y un observador en el hemisferio Norte.

$\delta > a + \theta$	No hay paso; astro siempre con altura mayor que a .
$\delta = a + \theta$	El paso se produce en el meridiano superior del lugar.
$a - \theta < \delta < a + \theta$	Dos pasos simétricos respecto al meridiano del lugar.
$\delta = a - \theta$	El paso se produce en el meridiano inferior del lugar.
$\delta < a - \theta$	No hay paso; astro siempre con altura menor que a .

Cuadro 43: Pasos de un astro con declinación δ constante por un almicantarát de altura a para un observador en el hemisferio Norte con latitud ϕ ($\theta = 90^\circ - \phi$ es la colatitud).

En el caso del Sol, resultan de especial interés los pasos por almicantarates de $-50'$, -6° y -12° , que determinan respectivamente la salida y puesta, el crepúsculo civil y el crepúsculo náutico (ver 3.2). Debido a que el movimiento aparente del Sol se produce sobre la eclíptica, su declinación oscila en un año entre $-23^\circ 26,5'$ y $+23^\circ 26,5'$ aproximadamente. A causa de esta oscilación, las condiciones geométricas de ocurrencia varían a lo largo del año. De acuerdo con las condiciones establecidas en el cuadro 43, dependiendo de la latitud del observador y de la declinación del Sol, pueden darse los casos del cuadro 44.

	Salida y Puesta	Comienzo y C.Civil	Fin de: C.Náutico		Ejemplo Latitud	Fecha
I	Si	Si	Si			
II	Si	Si	No	C. N. continuo	60°	25 Jul.
III	Si	No	No	C. C. continuo	66°	25 Jul.
IV	No	No	No	Día continuo	72°	25 Jul.
	Sol debajo	siempre del	por horizonte			
V	No	No	No	C. C. continuo	88°	2 Oct.
VI	No	Si	No	C. N. continuo	88°	12 Oct.
VII	No	No	No	C. N. continuo	88°	17 Oct.
VIII	No	No	No	Altura < -12°	81°	8 Dic.
IX	No	No	Si	Altura < -6°	75°	8 Dic.
X	No	Si	Si	Altura < -50'	69°	8 Dic.

Cuadro 44: Posibles casos de ocurrencia de salida y puesta de Sol y principio y fin de los crepúsculos civil y náutico. Excepto en el caso I, que es el más habitual, en la parte derecha de la tabla se incluyen ejemplos para cada uno de los casos descritos; dichos ejemplos corresponden al año 2000, para un observador al nivel del mar en longitud 0° con hora oficial igual a UT.

Figura 39: Ejemplo caso IV

Así en el caso IV; puesto que el Sol siempre está por encima del horizonte, ANdi facilita su paso por el meridiano.

En el caso V, el Sol siempre está por debajo del horizonte, no podrá observarse su paso por el meridiano del lugar y aparecerán unas ventanas de la siguiente manera:

Fecha: lunes, 2 de octubre de 2000

Semidiámetro:

Paso meridiano superior lugar

Hora oficial:

Altura verdadera:

Culminación:

Horas oficiales de ...

Salida: Principio crepúsculo civil: Fin crepúsculo civil:

Puesta: Principio crepúsculo náutico: Fin crepúsculo náutico:

No hay fenómenos. Crepúsculo civil continuo

Guardar Salir

Figura 40: Crepúsculo civil continuo

Los datos que se facilitan en el caso VI son únicamente el principio y el fin del crepúsculo civil. El hecho de que el Sol siempre esté por debajo del horizonte viene indicado en este caso por la ausencia de las horas de paso por el meridiano y de salida y puesta. Al no haber principio y fin del crepúsculo náutico, éste es continuo desde las 0^h hasta el principio del civil y desde su fin hasta las 24^h de la fecha en cuestión. Esto se puede apreciar en la figura A.4.2

Fecha: jueves, 12 de octubre de 2000

Semidiámetro:

Paso meridiano superior lugar

Hora oficial:

Altura verdadera:

Culminación:

Horas oficiales de ...

Salida: Principio crepúsculo civil: **7h 45m** Fin crepúsculo civil: **12h 45m**

Puesta: Principio crepúsculo náutico: Fin crepúsculo náutico:

Guardar Salir

Figura 41: Ejemplo caso VI

A.4.3. Fenómenos en una fecha

Suponiendo que se dan las condiciones geométricas necesarias para que acontezca un fenómeno, el período de repetición puede ser mayor o menor que 24 horas. La primera circunstancia, que siempre se da en el caso de la Luna y ocasionalmente en el Sol y los planetas, dará lugar a que no se produzca el fenómeno en algunas fechas. El período de repetición de un fenómeno es menor que 24 horas para las estrellas y, a veces, para el Sol y los planetas, por lo que podrá ocurrir que se produzcan dos fenómenos en una misma fecha. Ambas circunstancias se ilustran a continuación con algunos ejemplos para un observador al nivel del mar, con hora oficial igual al UT.

- **No hay paso de Venus por el meridiano superior del lugar:** El 15 de Diciembre de 2016, en latitud $40^{\circ} 30'$ N y longitud $132^{\circ} 30'$ O.

● Superior ○ Inferior

Fecha: jueves, 15 de diciembre de 2016

Astro: Venus -106

Magnitud: _____

Hora oficial de paso: _____

Culminación: _____

Altura verdadera: _____

Calcular Guardar Salir

- **Doble paso de Sirius por el meridiano superior del lugar:** El 14 de Enero de 2016, Sirius pasa por el meridiano superior del lugar en latitud $50^{\circ} 30' N$ y longitud $12^{\circ} 12' O$ a las 0h 3.1m y 23h 59.1m.

The screenshot shows a software interface for calculating the double passage of an astro. At the top, there are two radio buttons: "Superior" (selected) and "Inferior". Below this is a date selector showing "jueves, 14 de enero de 2016". The "Astro" dropdown menu is set to "Sirius -33". The results are displayed in a table-like format:

Magnitud	-1.5
Hora oficial de paso	0h 3,1m y 23h 59,1m
Culminación	Sur
Altura verdadera	+22° 45,4' y +22° 45,4'

At the bottom, there are three buttons: "Calcular", "Guardar", and "Salir".

- **Doble paso de Júpiter por el meridiano superior del lugar:** El 16 de Marzo de 2016, Júpiter pasa por el meridiano superior del lugar en latitud $45^{\circ} 30' N$ y longitud $5^{\circ} 12' O$ a las 0h 0.4m y 23h 56.0m.

The screenshot shows a software interface for calculating the double passage of an astro. At the top, there are two radio buttons: "Superior" (selected) and "Inferior". Below this is a date selector showing "miércoles, 16 de marzo de 2016". The "Astro" dropdown menu is set to "Jupiter -106". The results are displayed in a table-like format:

Magnitud	-2,5
Hora oficial de paso	0h 0,4m y 23h 56,0m
Culminación	Sur
Altura verdadera	+50° 52,0' y +50° 55,0'

At the bottom, there are three buttons: "Calcular", "Guardar", and "Salir".

A.5. Catálogo

El ANdi incorpora un catálogo de 99 estrellas, que se presenta en las páginas siguientes; en él están incluidos todas las estrellas de primera y segunda magnitud y algunas de tercera. Los astros en el ANdi se identifican por su número de catálogo, habiéndose reservado los números de 100 al 105 para Venus, Marte, Júpiter, Saturno, la Luna y el Sol, respectivamente. En las ocasiones en que sea necesario seleccionar un astro, podrá utilizarse el catálogo del ANdi de la forma descrita en el capítulo 2.

En las dos páginas siguientes se presenta el catálogo de estrellas con indicación de su número y su magnitud; para aquellas estrellas de magnitud variable se presenta el valor promedio, indicándose este hecho anteponiendo un asterisco.

Nº	Nombre	Magnitud	Nº	Nombre	Magnitud
1	Alpheratz	2.1	26	Alnitak	2.1
2	Caph	2.3	27	Saiph	2.1
3	Algenib	2.8	28	Betelgeuse	*0.9
4	Ankaa	2.4	29	Menkalinan	1.9
5	Schedar	2.2	30	Mirzam	2.0
6	Diphda	2.0	31	Canopus	-0.7
7	Navi	*2.3	32	Alhena	1.9
8	Mirach	2.1	33	Sirius	-1.5
9	Achernar	0.5	34	Adhara	1.5
10	Almak	2.3	35	Wezen	1.9
11	Polaris	2.0	36	Aludra	2.5
12	Hamal	2.0	37	Castor	2.0
13	Acamar	3.3	38	Procyon	0.4
14	Menkar	2.5	39	Pollux	1.1
15	Algol	*2.8	40	z-Puppis	2.3
16	Mirfak	1.8	41	Regor	1.8
17	Alcyone	2.9	42	Avior	1.8
18	Zaurak	3.0	43	d-Velorum	2.0
19	Aldebaran	0.9	44	z-Hydrae	3.1
20	Rigel	0.1	45	Suhail	2.2
21	Capella	0.1	46	Miaplacidus	1.7
22	Bellatrix	1.6	47	Aspidiske	2.5
23	Elnath	1.7	48	a-Lyncis	3.1
24	Mintaka	2.2	49	Alphard	2.0
25	Alnilam	1.7	50	Regulus	1.4

Nº	Nombre	Magnitud	Nº	Nombre	Magnitud
51	m-Velorum	2.8	76	Antares	*1.4
52	n-Hydrae	3.1	77	Atria	1.9
53	Merak	2.4	78	e-Scorpii	2.3
54	Dubhe	1.8	79	Sabik	2.6
55	Denebola	2.1	80	Rasalgethi	3.5
56	Gienah	2.6	81	Shaula	1.6
57	Acrux	1.3	82	Rasalhague	2.1
58	Gacrux	*1.6	83	t-Scorpii	1.9
59	Muhlifain	2.4	84	Eltanin	2.2
60	Mimosa	1.3	85	Kaus Australis	1.9
61	Alioth	1.8	86	Vega	0.0
62	Cor Caroli	2.9	87	Nunki	2.0
63	Vindemiatrix	2.8	88	Altair	0.8
64	Mizar	2.3	89	Sadr	2.2
65	Spica	1.0	90	Peacock	1.9
66	Alkaid	1.9	91	Deneb	1.3
67	Hadar	0.6	92	Alderamin	2.4
68	Menkent	2.1	93	Enif	*2.1
69	Arcturus	0.0	94	DenebAlgedi	2.9
70	Rigil Kent	0.0	95	Al Na'ir	1.7
71	Zubenelgenubi	2.8	96	b-Gruis	*2.1
72	Kochab	2.1	97	Formalhaut	1.2
73	Zubeneschamali	2.6	98	Scheat	*2.4
74	Alphecca	2.2	99	Markab	2.5
75	Unukalhai	2.7			



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE DEFENSA

SECRETARÍA
GENERAL
TÉCNICA

SUBDIRECCIÓN GENERAL
DE PUBLICATIONES
Y PATRIMONIO CULTURAL