



***ARxCODE***  
***Prototipo de software para el Análisis de Riesgo por Colisión con  
Desechos Espaciales.***

Por ***M. Cecilia Valenti.***

Presentado ante la Universidad Nacional de La Matanza y la Unidad de Formación Superior de la CONAE  
como parte de los requerimientos para la obtención del grado de

**MAGISTER EN DESARROLLOS INFORMATICOS DE APLICACION ESPACIAL**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA MATANZA

***Mayo, 2017***

©UFS-CONAE 2017

©UNLAM 2017

DIRECTOR

***Marcelo Colazo***

CONAE, Córdoba, Argentina

# Abstract

**Keywords:**

# Resumen

**Palabras clave:**

# Agradecimientos

# Tabla de Contenidos

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.0.1. Regulaciones Nacionales e Internacionales . . . . .	1
1.0.2. Planteo del Problema . . . . .	1
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>2</b>
2.0.3. CDM . . . . .	2
<b>3. Metodología</b>	<b>3</b>
3.1. Método de Osweiler . . . . .	3
3.2. Tratamiento sobre Datos de Misión . . . . .	3
3.3. Preprocesamiento de los Datos de Misión de CODS . . . . .	3
3.3.1. ORBEPHEM . . . . .	4
3.3.2. Archivos Utilizados . . . . .	4
3.4. Transformación de Coordenadas . . . . .	5
<b>4. ARxCODE</b>	<b>7</b>
4.1. Especificaciones . . . . .	7
4.2. Diseño y Desarrollo . . . . .	7
4.2.1. Arquitectura . . . . .	7
<b>5. Resultados</b>	<b>8</b>
<b>6. Conclusiones</b>	<b>9</b>

## TABLA DE CONTENIDOS

---

**Bibliografía**

**10**

# Índice de figuras

3.1. Método de Osweiler sobre datos CODS . . . . .	4
--	---

## Índice de tablas



## Lista de acrónimos

# Introducción

## 1.0.1. Regulaciones Nacionales e Internacionales

## 1.0.2. Planteo del Problema

Llega un CDM que anuncia un riesgo de colisión en el tiempo futuro  $t_{ca}$ , ¿qué cosas me pregunto?

Preguntas:

1. ¿Con qué error conozco la posición de la Misión para la época actual?
2. ¿Con qué error conozco la posición del desecho para la época actual?
3. ¿Con qué error conozco la posición de la Misión para la época  $t_{ca}$ ?
4. ¿Con qué error conozco la posición del desecho para la época  $t_{ca}$ ?

1. Error de la Misión en la época actual: La posición y velocidad se plasma en los productos que genera el CODS, a través de sus efemérides predichas y o precisas. El error asociado ... ¿? : documento CODS y/o dato CDM - En nuestro trabajo utilizamos TLEs para su estimación y la generación de la matriz de covarianza. Como mostraremos más adelante en el capítulo 3...
2. Error del Desecho en la época actual: ¿?:dato CDM - Método de Osweiler. Función de Ajuste a partir de la tendencia. (Validación utilizando datos CODS para comparar los resultados de la función de ajuste)

## Marco Teórico

- CDM: Recepción.
- Metodología Akella & Alfriend.
- Metodología Osweiler.

### 2.0.3. CDM

(JAC SW - Laporte)

**CSM:** They are made available on Emergency Criteria, wich are Time of Closest Approach whithin 72 hs combined with a miss distance criteria:

LEO:

overall miss distance <1km

radial miss distance <200m

GEO/MEO:

Overall miss distance <10 km.

CSM are advisory and informational messages only and are not directly actionable. They don't provide a direct recommendation to perform an avoidance action and of course they cannot take neither the operational constraints of the asset nor the maneuvers the asset plans or just performed. (sigue ver apuntes Laporte carpeta...)

!!! JSpOC NO CUENTA CON INFORMACIÓN DE MANIOBRAS PLANIFICADAS, puede haber falsas alarmas.

CONCEPTO DE MIDDLE MAN.

CONCEPTO DE COLLABORATIVE WORK ENVIRONMENT. (close loop process)

## Metodología

### 3.1. Método de Osweiler

copiar y pegar de la notebook.

### 3.2. Tratamiento sobre Datos de Misión

En esta etapa repetimos el método que propone Osweiler considerando los datos de misión generados por el CODS como posición verdadera.

La aplicación del método implica:

- Identificar el último TLE del set: *TLE primario*.
- Extraer la época del TLE primario.
- Localizar el archivo CODS que contenga las efemérides que encierren la época del TLE primario.
- Interpolan las efemérides de CODS para generar una efeméride interpolada a la época del TLE primario.
- Propagar cada uno de los TLEs del set, hasta la época del TLE primario.
- Comparar los resultados de las propagaciones con los valores de la efemérides interpolada.

### 3.3. Preprocesamiento de los Datos de Misión de CODS

Para este trabajo CONAE nos facilitó el acceso a los datos orbitales de la misión SAC-D. Los datos se encuentran montados en un servidor que contiene la información organizada en archivos con formato ASCII, distribuidos en distintas carpetas según su clasificación.

Para la comparación que proponemos, solicitamos acceso a los archivos de efemérides orbitales ORBEPHEM, que ofrecen posiciones y velocidades tabuladas cada un minuto, en el Sistema de Referencia TOD (True of Date), en coordenadas cartesianas.

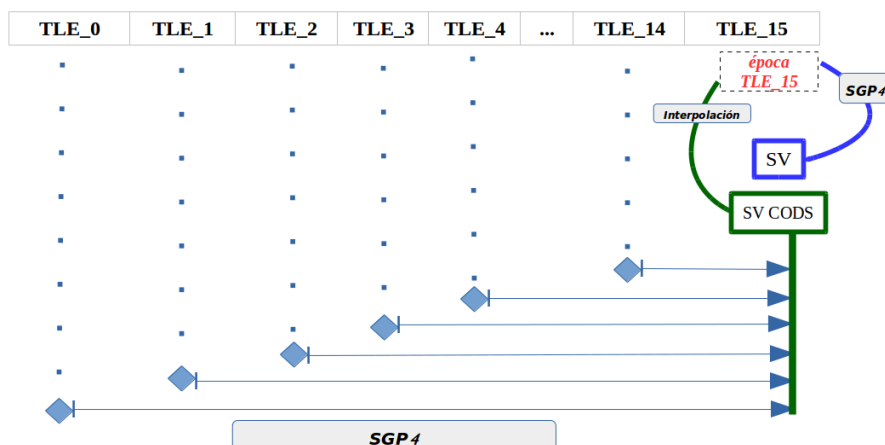


Figura 3.1: Método de Osweiler sobre datos CODS

### 3.3.1. ORBEPHEM

Estos productos son generados luego de un post procesamiento que incluye una propagación ajustada por una determinación orbital. Cada archivo contiene un listado cronológicamente tabulado de posiciones y velocidades, dentro de un periodo de casi 3 días. ( doc\_interfaces)

La nomenclatura de los mismos respeta el siguiente formato:

CODS\_YYYYMMDD\_HHMMSS\_SACD\_ORBEPHEM\_TOD\_XYZ\_O.TXT

Donde:

CODS = Identifica el Servicio dentro del CUSS que presta la información.

YYYYMMDD\_HHMMSS = época de generación del dato.

SACD = Identificación del Satélite.

ORBEPHEM = Tipo de Dato, Efeméride Orbital (procesada a posteriori)

TOD = Sistema de Referencia True of Date.

XYZ = Tipo de efeméride, cartesiana.

O = Operacional.

### 3.3.2. Archivos Utilizados

Si bien la nomenclatura de los archivos respeta una estructura, sólo se indica en el nombre, la fecha de generación de los datos y no puede desprenderse del mismo en cuál es la época final e inicial de cada archivo. A su vez, las épocas contempladas en cada uno de ellos no está homogeneizada. Es decir, la fecha y hora inicial y final de cada registro es diferente para cada archivo.

Dada esta organización, para el punto tres del procedimiento, referente a la localización del archivo necesario para la comparación, la búsqueda se realiza de la siguiente manera:

Localizamos en primer lugar el archivo cuyo nombre coincide con la fecha de la época del TLE primario. Como una misma fecha se encuentra en más de un archivo, buscamos el archivo que contenga esa fecha y que además sea el más actualizado de todos. Para ello, además del archivo cuyo nombre contiene la fecha del TLE primario, se enlistan los siguientes dos archivos y se ordenan en orden decreciente, de manera que el primer lugar de la lista lo ocupe el último de los archivos seleccionados. Finalmente se comienza el proceso iterativo de abrir los

archivos, evaluar el contenido y ver si se encuentran los dos registros que encierren la época del TLE. Una vez que se encuentran las líneas de efemérides que contienen la época de interés se interpola, y se termina la iteración.

Cantidad TOTAL de archivos = 1454

Cantidad media de registros por archivo = 2688

Archivo con el mayor número de registros = 3042

Archivo con el menor número de registros = 142

Imágenes comparativas entre los dos métodos:

### 3.4. Transformación de Coordenadas

[Montenbruck, Vallado Revisitin, Vallado Coorde Sys, tabla de Boado]

Para la comparación de las posiciones en coordenadas cartesianas, es necesario llevar ambos vectores a un mismo sistema de referencia. La figura (ref) muestra un resumen de los distintos sistemas y las consideraciones de cada uno.

FRAME DESCRIPTORS OF THE CLASSICAL TRANSFORMATION OF DATE

Abbrev.	Common Names	Other Designators*	Rotation
<b>TEF</b>	(True) Earth fixed, body fixed	Earth Centered Rotating (ECR)	↔ [W]
<b>PEF</b>	Pseudo Earth fixed, Pseudo body fixed	Earth Fixed Greenwich (EFG) Earth Centered Earth Fixed (ECEF)	↗ ↔ [R]
<b>UOD</b>	Uniform (Equinox) of Date	Earth Centered Inertial (ECI) True Equator and Mean Equinox	↗ ↔ [Q]
<b>TOD</b>	True (Equinox) of Date, True Equator and True Equinox		↗ ↔ [N]
<b>MOD</b>	Mean (Equinox) of Date, Mean Equator and Mean Equinox		↗ ↔ [P]
<b>J2000</b>	Mean of 2000		↗ ↔ [Eq.1] <sup>T</sup>
<b>GCRF</b>	Geocentric Celestial Reference Frame		↗

\* AFSPC Operating Instruction 60-102 11-Mar-1996, TP SCC 008

En nuestro caso en particular, los datos que provee CODS se publican en el sistema TOD: True of Date (Verdadero de la época), mientras que los vectores de estado que genera el propagador SGP4 están calculados en el sistema TEME: True Equator Mean Equinox (Ecuador Verdadero y Equinoccio Medio), también denominado UOD (Uniform Equinox of Date).

Para la transformación de los datos de salida del SGP4 en el sistema TEME, al sistema TOD utilizamos la ecuación de los equinoccios,  $EQ_{equinox}$ , que nos permite transformar el equinoccio medio en el equinoccio verdadero.

Dado el vector de estado en el sistema TEME,  $r_{TEME}$ , lo multiplicamos por la matriz de transformación en el eje  $z$   $Rot_3(EQ_{equinox})$  y obtenemos el vector de estado en el sistema TOD,  $r_{TOD}$ .

$$r_{TOD} = [Q]r_{TEME} \quad (3.1)$$

$$Q = \begin{pmatrix} \cos(-EQ_{eqe}) & \sin(-EQ_{eqe}) & 0 \\ -\sin(-EQ_{eqe}) & \cos(-EQ_{eqe}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

La ecuación de los equinoccios utiliza el modelo de nutación IAU-80 que considera los parámetros de nutación y los 106 coeficientes de Delaunay para el cálculo de la longitud  $\Delta\Psi$  y la oblicuidad  $\Delta\epsilon$ .

$$EQ_{eqe} = \Delta\Psi \cos(\epsilon) + 0,00264'' \sin(\Omega_{\zeta}) + 0,000063'' \sin(2\Omega_{\zeta}) \quad (3.2)$$

Donde:

$$\begin{aligned} \epsilon &= \bar{\epsilon} + \Delta\epsilon \\ \Delta\Psi &= (A_p + A_{pl}tt) \sin(a_{pi}) \\ \Delta\epsilon &= (A_e + A_{el}tt) \cos(a_{pi}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} tt &= (jd - 51544,5)/36525,0 \\ \bar{\epsilon} &= 84381,448'' - 46,8150''tt - 0,00059''tt^2 + 0,001813tt^3 \\ a_{pi} &= a_{n1}M_{\zeta} + a_{n2}M_o + a_{n3}\mu_{\zeta} + a_{n4}D_o + a_{n5}\Omega_{\zeta} \end{aligned}$$

Los coeficientes:  $A_p, A_{pl}, A_e, A_{el}, A_{ni}$  se extraen de la tabla de coeficientes de nutación de Seidelman(citar).

Y el resto de los parámetros se calcula según las expresiones:

$$\begin{aligned} M_{\zeta} &= M(tt) \\ M_o &= M(tt) \\ \mu_{\zeta} &= \mu(tt) \\ D_o &= D(tt) \\ \Omega_{\zeta} &= \Omega(tt) \end{aligned}$$

# Capítulo 4

## AR<sub>x</sub>CODE

### 4.1. Especificaciones

Python y PyQt Donde corre y con que performance. ....

### 4.2. Diseño y Desarrollo

En el IDE Eclipse Funciones enteramente documentadas (Doxigen). Control de Versiones (GitHub) - graficos de los tiempos de desarrollo. ¿?

#### 4.2.1. Arquitectura

clases principales: TLE, EphemCODS)



# Capítulo 5

## Resultados

# Capítulo 6

## Conclusiones

# Bibliografía

B. Barrett, Dwyer. E., y P. Whelan. Soil Moisture Retrieval from Active Spaceborne Microwave Observations: An evaluation of current techniques. *Remote Sensing*, 1:210–242, 2009.



