

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

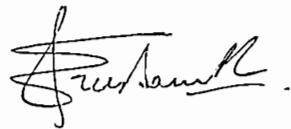
*MODELACION, SIMULACION Y
CONTROL DE ORIENTACION DE UN
SATELITE*

*Tesis previa a la obtención del título de:
Ingeniero en Electrónica y Control*

PATRICIA ISABEL ARMIJOS VERDESOTO

Quito, julio del 2000

*Certifico que el presente trabajo ha sido
realizado en su totalidad por la
Srta. Patricia Isabel Armijos Verdesoto*



Ing. Patricio Burbano R.

DIRECTOR DE TESIS

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
---------------------	---

CAPITULO I. MARCO CONCEPTUAL

1.1. Modelación de sistemas	4
1.1.1. Clases de modelos	4
1.1.2. Métodos de modelación	10
1.2. Simulación de sistemas	11
1.2.1. Programación de pantallas	12
1.3. Esquemas de control	13
1.3.1. Control clásico continuo	13
1.3.2. Control clásico discreto	14
1.3.3. Control moderno continuo	15
1.3.4. Control moderno discreto	16

CAPITULO II. MODELACION DEL SISTEMA: ORIENTACION DE UN SATELITE EN BASE A UNA ESTRUCTURA FLEXIBLE

2.1. Modelo continuo	18
2.1.1. Modelo en base al método directo	18
2.1.1.1. Esquema del sistema orientación de un satélite	18
2.1.1.2. Esquema del sistema estructura flexible	20
2.1.1.2.1. Modelo a ecuaciones diferenciales del sistema estructura flexible	21
2.1.1.2.2. Modelo a variables de estado del sistema estructura flexible	22

2.1.1.2.3. Modelo a función de transferencia del sistema estructura flexible	23
2.1.1.3. Esquema del sistema orientación de un satélite en base a una estructura flexible	25
2.1.1.3.1. Modelo a ecuaciones diferenciales del sistema orientación de un satélite en base a una estructura flexible	26
2.1.1.3.2. Modelo a variables de estado del sistema orientación de un satélite en base a una estructura flexible	27
2.1.1.3.3. Modelo a función de transferencia del sistema orientación de un satélite en base a una estructura flexible	29
2.1.1.3.4. Modelo a función de transferencia a partir de variables de estado del sistema orientación de un satélite en base a una estructura flexible	30
2.1.2. Modelo en base al método variacional	33
2.1.2.1. Modelo a ecuaciones diferenciales del sistema estructura flexible	34
2.1.2.2. Modelo a ecuaciones diferenciales del sistema orientación de un satélite en base a una estructura flexible	36
2.1.3. Modelo en base al método de redes	38
2.1.3.1. Modelo a función de transferencia del sistema estructura flexible	39
2.1.3.2. Modelo a función de transferencia del sistema orientación de un satélite en base a una estructura flexible	41
2.2. Modelo discreto	42
2.2.1. Modelo a función de transferencia discreta	43
2.2.2. Modelo a ecuaciones de diferencia	44
2.2.3. Modelo a variables de estado discretas	45

CAPITULO III. SIMULACION DEL SISTEMA

3.1.	Sistema continuo	49
3.3.1.	Análisis del comportamiento dinámico en base a la respuesta temporal	51
3.3.2.	Análisis del comportamiento dinámico mediante el lugar geométrico de las raíces.	55
3.3.3.	Análisis del comportamiento dinámico mediante la respuesta de frecuencia.	58
3.2.	Sistema discreto	61
3.2.1.	Análisis del comportamiento dinámico en base a la respuesta temporal.	62
3.2.2.	Análisis del comportamiento dinámico mediante el lugar geométrico de las raíces.	66
3.2.3.	Análisis del comportamiento dinámico mediante la respuesta de frecuencia.	68

CAPITULO IV. DISEÑO DEL CONTROL

4.1.	Sistema continuo	70
4.1.1.	Control en cascada.	70
4.1.1.1.	Especificaciones de funcionamiento.	73
4.1.1.2.	Control PD	76
4.1.1.3.	Filtro muesca	82
4.1.1.4.	Control PD más filtro muesca	86
4.1.2.	Control en el espacio de estado.	89
4.1.2.1.	Realimentación de estado	94
4.1.2.1.1.	Ubicación de los polos deseados	95
4.1.2.2.	Estimador de estado	101
4.1.2.3.	Estimador más realimentación de estado	107

4.2.	Sistema discreto	112
4.2.1.	Control en cascada.	112
4.2.1.1.	Control PD	112
4.2.1.2.	Filtro muesca	114
4.2.1.3.	Control PD más filtro muesca	116
4.2.2.	Control en el espacio de estado.	118
4.2.2.1.	Realimentación de estado	121
4.2.2.1.1.	Ubicación de los polos deseados	122
4.2.2.2.	Estimador de estado	124
4.2.2.3.	Estimador más realimentación de estado	128
4.3.	Simulación dinámica.	131

CAPITULO V. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Resultados	138
5.1.1.	Resultados de modelación, análisis y simulación	138
5.1.1.1.	Sistema continuo no localizado	138
5.1.1.2.	Sistema continuo localizado	140
5.1.1.3.	Sistema discreto no localizado	142
5.1.2.	Resultados de control clásico	143
5.1.2.1.	Control PD continuo	143
5.1.2.2.	Sistema continuo con filtro muesca	146
5.1.2.3.	Control continuo PD más filtro muesca	148
5.1.2.4.	Sistema continuo con los parámetros más altos del rango de variación	150
5.1.2.5.	Control clásico para el sistema discreto	152
5.1.2	Resultados del control moderno	156
5.1.2.1.	Realimentación de estado para el sistema continuo	156
5.1:2.2.	Estimación de estado para el sistema continuo	157

5.1.2.3. Realimentación más estimación de estado para el sistema continuo	157
5.1.2.4. Realimentación más estimación de estado para el sistema discreto	161
5.1.3. Simulación dinámica	162
5.2. Conclusiones	163
5.3. Recomendaciones	166
BIBLIOGRAFIA	167

ANEXO A. MANUAL DE USUARIO

ANEXO B. LISTADO DE PROGRAMAS

INTRODUCCION

Este trabajo es el desarrollo del caso de estudio "ORIENTACIÓN DE UN SATÉLITE", en el que se integra la teoría de control recibida en pregrado de Ingeniería de Control.

Partiendo de la consideración de que los satélites requieren de un control de posición, para la orientación adecuada de las antenas, de los sensores y de los paneles solares con respecto a la tierra, como primer paso se investiga la **modelación** del sistema, luego **se analiza** el comportamiento dinámico, posteriormente **se diseña y se compara** los diferentes tipos de control usando técnicas clásicas y modernas, y por último se realiza la **simulación dinámica**.

El análisis y control se realiza para sistemas continuos, es decir, aquellos que utilizan señales analógicas, pero debido a que en la actualidad es más común el control de sistemas mediante computador o microprocesador, también se utilizan modelos discretos.

Esta tesis procura convertirse en una herramienta de soporte didáctica, versátil y de fácil manejo, para ser utilizada por estudiantes de control en prácticas de laboratorio.

Para la simulación y aplicación de los diferentes algoritmos de control se desarrollan rutinas con el paquete MATLAB, a manera de una librería o toolbox con diferentes opciones de análisis y diseño de control, con las respectivas interfaces para ingreso de datos, cálculos y presentación de resultados.

Este trabajo está organizado en cinco capítulos. En el capítulo uno se da un marco conceptual, en el que se tratan brevemente la modelación y simulación de sistemas; y se presentan los esquemas de control que se emplean en esta tesis.

El capítulo dos se dedica a la modelación del sistema de orientación de un satélite considerando una estructura flexible, presentándose de dos formas: continua en base a la función de transferencia y a variables de estado; y, discreta.

En el capítulo tres se analiza el comportamiento dinámico del sistema continuo y discreto, mediante la simulación de la respuesta transitoria, el lugar geométrico de las raíces y la respuesta de frecuencia.

En el capítulo cuatro se diseña el control clásico del tipo PD y moderno: realimentación de estado y estimación de estado, tanto para el sistema continuo como para el discreto; además, para presentar una respuesta visual se realiza la simulación dinámica del control.

Para finalizar, en el capítulo cinco se presenta los resultados, las conclusiones y recomendaciones a que se llegaron.

CAPITULO I

MARCO CONCEPTUAL

1.1. MODELACION DE SISTEMAS

Para el análisis del comportamiento dinámico y el diseño de los diferentes tipos de controles se utilizan modelos analíticos del sistema de control, que pueden estar descritos a:

- ecuaciones diferenciales,
- función de transferencia y
- variables de estado.

Análogamente para sistemas discretos los modelos se describen en base a:

- ecuaciones de diferencias,
- función de transferencia discreta y
- variables de estado.

1.1.1. CLASES DE MODELOS

- **Modelo continuo**

La planta o sistema y sus señales evolucionan en tiempo continuo, esto es, las señales del sistema son analógicas y el sistema es de tipo continuo. Es por esta razón que para manejar sistemas de control discreto, es necesario discretizar la planta.

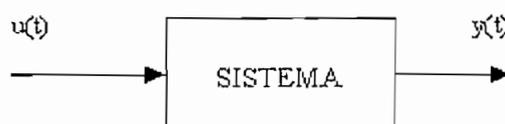


Fig. 1.1. Sistema en lazo abierto

En el presente trabajo se utiliza un modelo de sistema realimentado por que el objetivo de la modelación es tendiente a realizar control.

La figura 1.1 muestra un diagrama de bloques del sistema con una entrada y una salida.

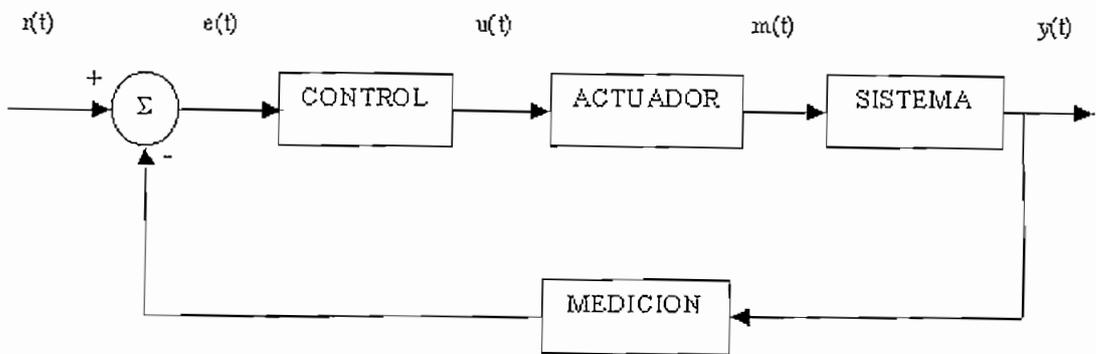


Fig. 1.2. Sistema en lazo cerrado

Para realizar control es necesario instrumentar al sistema como se muestra en la figura 1.2. A través del bloque de medición se toma una muestra de la salida $y(t)$ para compararla con la referencia $r(t)$ a la entrada y de esta manera obtener el error actuante $e(t)$, el cual se aplica al control obteniéndose la señal de control $u(t)$ que a través del actuador se aplica al sistema, para efectuar los correctivos necesarios para que el sistema tenga un comportamiento dinámico deseado, esto es, satisfaga especificaciones de respuesta transitoria y en estado estable. La salida del actuador $m(t)$ es la variable manipulada que actúa como entrada al sistema. Considerando la planta como un sistema instrumentado con los actuadores y la medición se llega a los diagramas de bloques de las figuras 1.3 y 1.4.

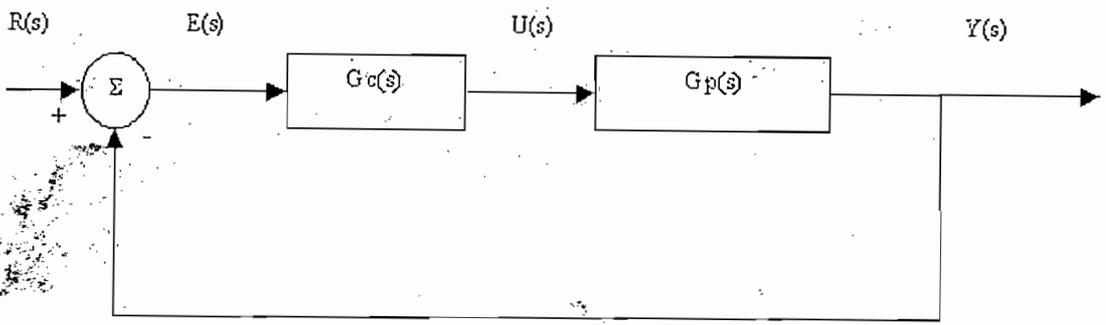


Fig. 1.3: Sistema de Control en lazo cerrado con realimentación unitaria

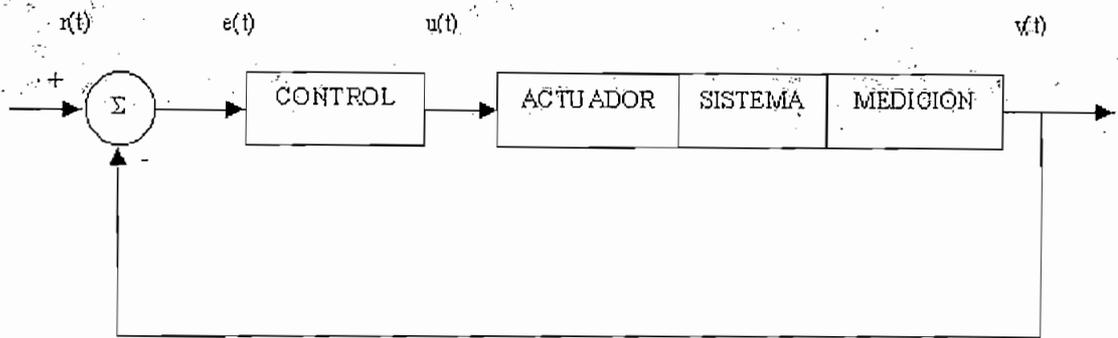


Fig. 1.4. Sistema de Control

El objetivo es entonces realizar la modelación del sistema planta instrumentada. En el caso de la Fig. 1.4. el modelo esta representado a función de transferencia.

Un modelo alternativo de la planta instrumentada se puede representar a variables de estado en la forma:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx$$

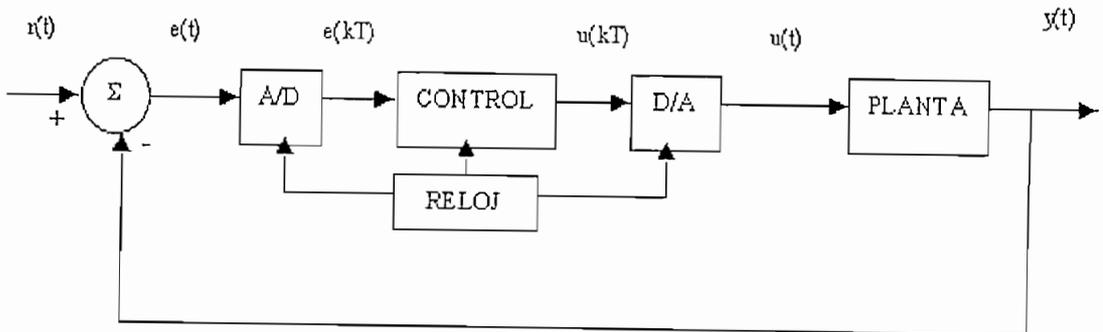


Fig. 1.5. Sistema de datos muestreados

Lo que se hace en este caso es discretizar la señal de error a través de

Donde x es el vector de estado considerando voltajes en los capacitores y las corrientes en bobinas para sistemas eléctricos y desplazamientos y velocidades lineales o angulares para sistemas mecánicos, u es la señal de entrada a la planta o salida del control, en tanto que y es la salida de la planta.

Tanto el modelo a función de transferencia como a variables de estado se obtienen a partir de un conjunto de ecuaciones diferenciales obtenidas en base a la aplicación de principios físicos, mediante las ecuaciones de Kirchhoff o Newton según se manejen sistemas eléctricos o mecánicos respectivamente, conociendo la estructura y componentes de la planta.

- **Modelo discreto**

Para modelos discretos hay que utilizar el sistema de datos muestreados que se indica en la figura 1.5.

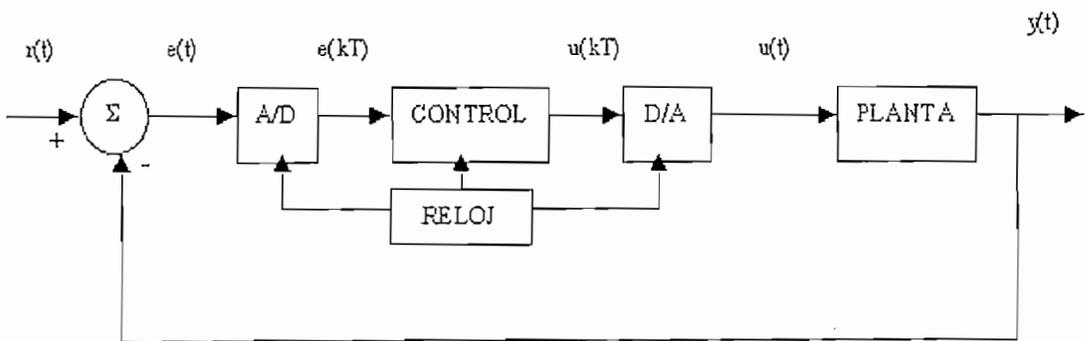


Fig. 1.5. Sistema de datos muestreados

Lo que se hace en este caso es discretizar la señal de error a través de un convertor analógico digital (A/D) muestreando los datos para obtener $e(kT)$ y utilizar un convertor digital analógico para obtener una

encontrar $G(z)$ se necesita observar que la salida son muestras de la planta cuando la entrada proviene de un convertor D/A.

Como se tiene una función irracional en s , e^{-sT} , es necesario utilizar la transformada z , por lo cual es necesario discretizar la planta anteponiendo ZOH(zero order hold) que es un dispositivo de retención de orden cero. De esta manera la función de transferencia de la planta instrumentada, G_p , es de la forma:

$$G_p(z) = (1 - z^{-1}) Z \left\{ \frac{G_p(s)}{s} \right\}$$

Finalmente se obtiene el modelo a función de transferencia discreta que es similar al modelo continuo de la figura 1.4, y está representado en la fig. 1.7.

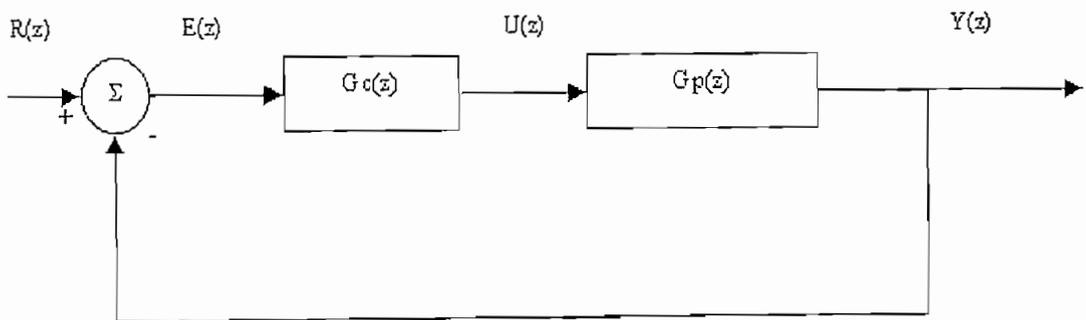


Fig. 1.7. Modelo mediante función de transferencia discreta

Del modelo discreto a función de transferencia se puede obtener sus ecuaciones de diferencia para implementar el control.

A variables de estado el modelo discreto se representa con la forma:

$$\begin{aligned} \underline{x}(k+1) &= A_D \underline{x}(k) + B_D u(k) \\ y(k) &= C_D \underline{x}(k) \end{aligned}$$

Donde las matrices A_D , B_D y C_D son las correspondientes al sistema discreto y están definidas por:

Para la transformada de Laplace se llega a la función de transferencia. Si se selecciona las variables de estado de manera de escribir como un conjunto de ecuaciones diferenciales de primer orden se llega a un modelo a variables de estado.

El modelo de redes representa la planta mediante un modelo equivalente de una red eléctrica, haciendo la analogía correspondiente del sistema mecánico; y, planteando las ecuaciones matriciales de nodos se llega a la función de transferencia.

El método variacional utiliza variables de energía y la función de

$$A_D = e^{AT}$$

$$B_D = \int_0^T e^{A\eta} B d\eta$$

$$C_D = C$$

1.1.2. MÉTODOS DE MODELACIÓN

Entre los métodos de modelación se tienen:

- directo,
- mediante redes, y
- variacional.

El método directo utiliza el planteamiento de las ecuaciones diferenciales conociendo la estructura y comportamiento de la planta, y principios y leyes de ingeniería (Kirchhoff o Newton), considerando la interconexión de los componentes en la estructura de la planta. Si se toma la transformada de Laplace se llega a la función de transferencia. Si se selecciona las variables de estado de manera de escribir como un conjunto de ecuaciones diferenciales de primer orden se llega a un modelo a variables de estado.

El modelo de redes representa la planta mediante un modelo equivalente de una red eléctrica, haciendo la analogía correspondiente del sistema mecánico; y, planteando las ecuaciones matriciales de nodos se llega a la función de transferencia.

El método variacional utiliza variables de energía y la función de lagrangiano para llegar a un modelo a ecuaciones diferenciales. Este

método es útil para sistemas mecánicos o electromecánicos, por que es más fácil manejar funciones escalares de energía.

1.2. SIMULACION DE SISTEMAS

La simulación es el equivalente computacional del modelo y para analizar el comportamiento dinámico y el diseño de controles se utiliza la simulación digital.

Utilizando rutinas de MATLAB, tanto para el sistema continuo como para el discreto, se realiza:

- análisis del comportamiento dinámico mediante la respuesta transitoria, el lugar geométrico de las raíces y la respuesta de frecuencia,
- diseño de controles clásicos del tipo redes o PID y modernos como realimentación de estado y estimación de estado, y
- simulación dinámica de este caso de estudio.

Es importante mencionar que el paquete utilizado es MATLAB 5.3 VERSIÓN PROFESIONAL y que las características mínimas que el equipo en el cual se vaya a trabajar necesita son:

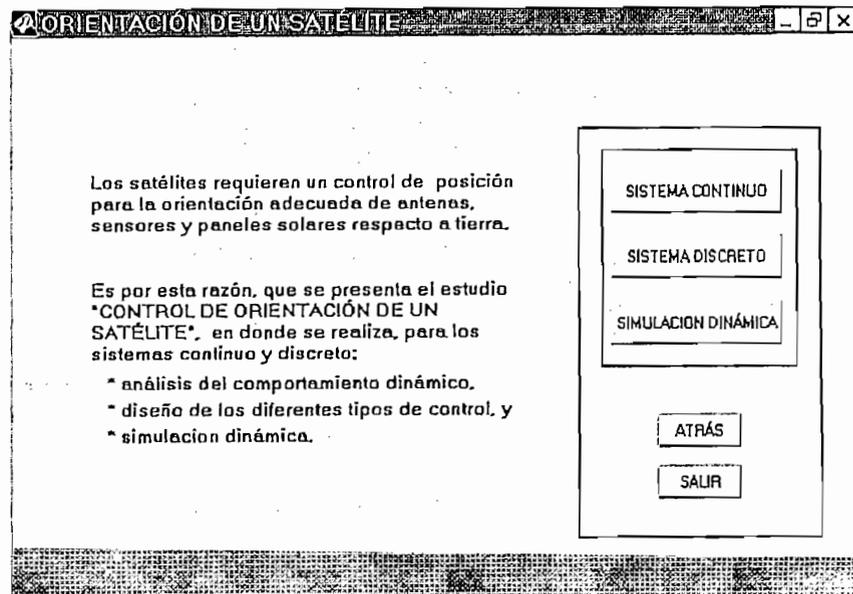
- PC con procesador 386 IBM, Compaq, o sistemas compatibles con procesador Intel 486, Pentium o Pentium Pro,
- Sistema operativo Windows 95 o Windows Nt,
- Drive 3½ de alta densidad,
- Ratón,
- 8 MB de RAM, recomendable 32 MB de RAM.

1.2.1 PROGRAMACIÓN DE PANTALLAS

A continuación se muestran las pantallas 1.1 de presentación y de opciones 1.2:



Pantalla 1.1. Presentación



Pantalla 1.2. Opciones de programa

1.3. ESQUEMAS DE CONTROL

1.3.1. CONTROL CLÁSICO CONTINUO

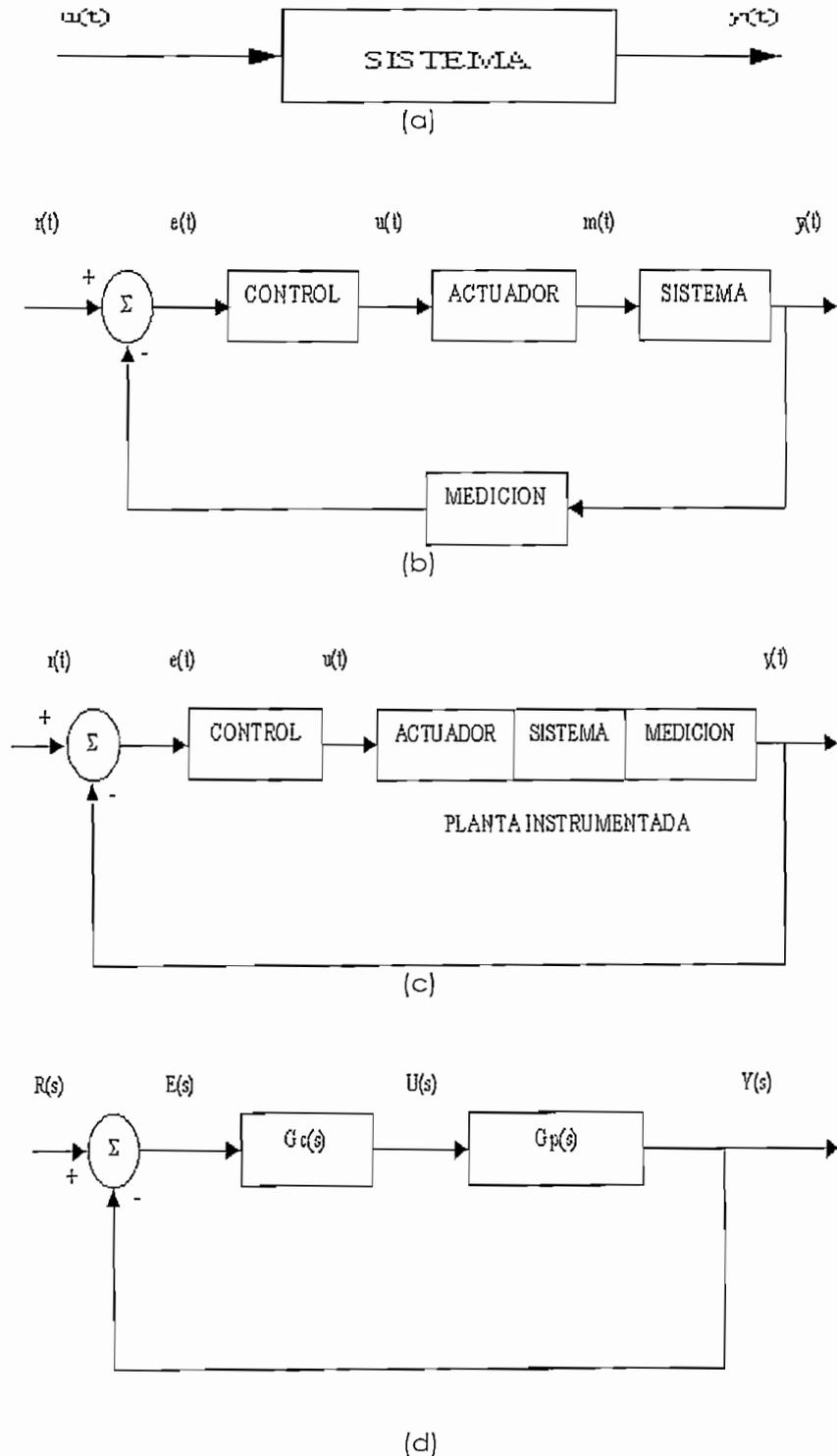
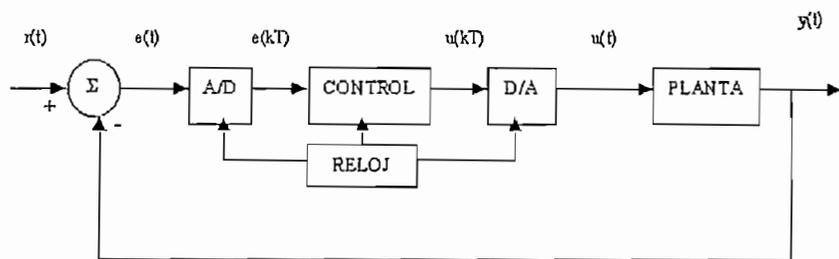
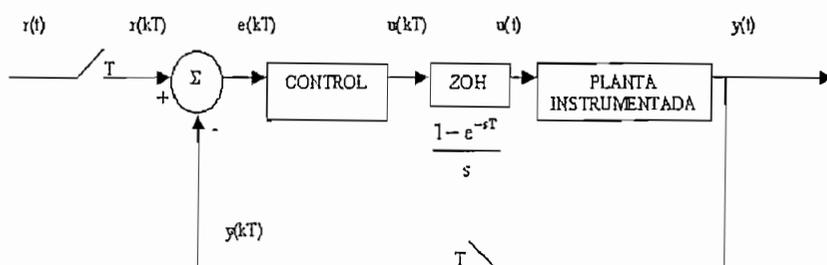


Fig. 1.8. (a) Sistema en lazo abierto, (b) Sistema en lazo cerrado, (c) Sistema de Control en lazo cerrado con realimentación unitaria, y (d) Sistema de Control.

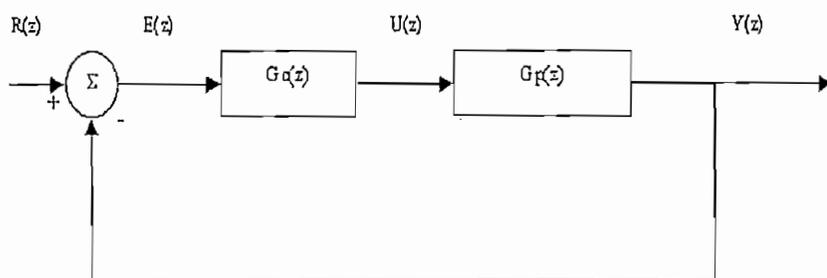
1.3.2. CONTROL CLÁSICO DISCRETO



(a)



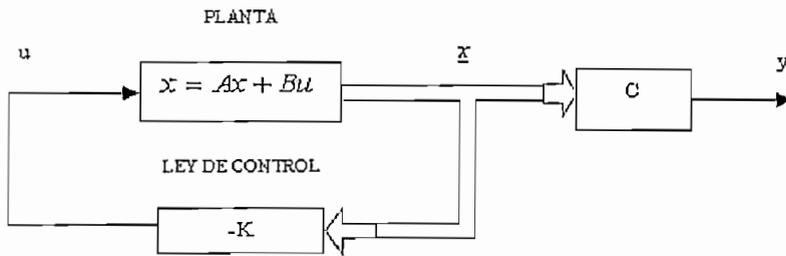
(b)



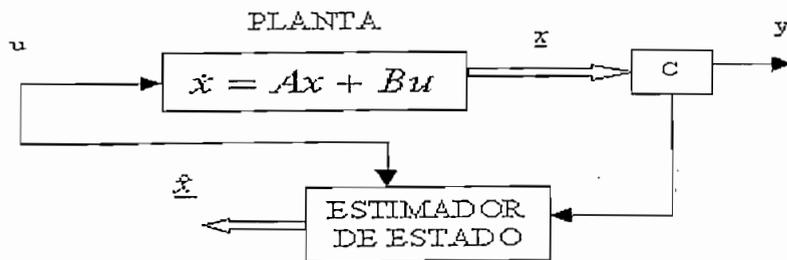
(c)

Fig. 1.9. (a) Sistema de datos muestreados, (b) Modelo de la función de transferencia del sistema de datos muestreados, y (c) Modelo mediante función de transferencia discreta.

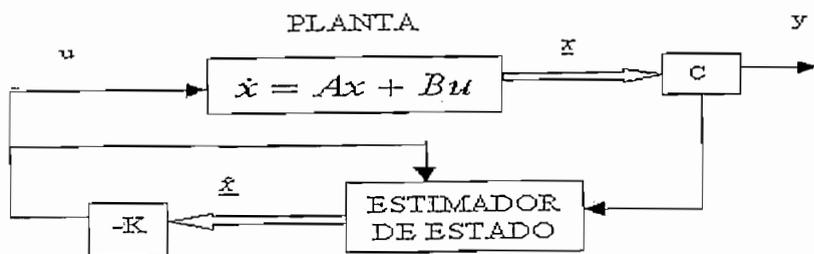
1.3.3. CONTROL MODERNO CONTINUO



(a)



(b)



(c)

Fig. 1.10. (a) Realimentación de estado, (b) Estimación de estado, y (c) Realimentación más estimación.

CAPITULO II

**MODELACIÓN DEL SISTEMA:
ORIENTACIÓN DE UN SATÉLITE EN
BASE A UNA ESTRUCTURA FLEXIBLE**

En este capítulo se presenta el esquema de control de orientación de un satélite en base a una estructura flexible y se desarrollan los modelos continuo y discreto.

2.1. MODELO CONTINUO

En el modelo continuo se plantean las ecuaciones diferenciales, para llegar a un modelo a variables de estado y a función de transferencia utilizando el método variacional, el método directo, y el método de redes.

2.1.1. MODELO EN BASE AL MÉTODO DIRECTO

Se plantea el esquema de orientación de un satélite respecto a un solo eje, luego el esquema a través de una estructura flexible, y por último el esquema de orientación de un satélite en base a la estructura flexible.

2.1.1.1. Esquema del sistema orientación de un satélite

Para obtener una visión del sistema completo de control de posición en tres ejes, se considera solo un eje a la vez. La figura 2.1 representa este caso, en el cual el movimiento se permite sólo alrededor del eje perpendicular a la página. El ángulo θ que describe la orientación del satélite se debe medir con respecto a una referencia "inercial", es decir, una referencia que no tiene aceleración angular.

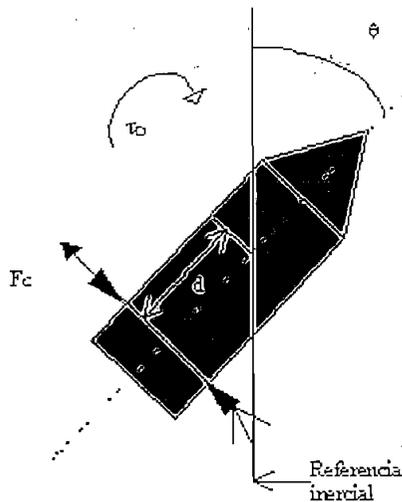


Fig. 2.1. Esquema de un satélite respecto a un eje

La acción de control proviene de los chorros de reacción que producen un torque ($\tau_c = F_c d$) alrededor del centro de masa. Hay pequeñas torsiones perturbadoras en el satélite (τ_D), que provienen principalmente de la presión solar.

Aplicando la ley de Newton para un sistema rotacional unidimensional se tiene:

$$I\alpha = \tau_c + \tau_D$$

donde I = momento de inercia
 α = aceleración angular
 τ_c = torque de control
 τ_D = torque debido a perturbaciones

Pero como

$$\alpha = \ddot{\theta}$$

Fig. 2.2. Esquema de una estructura flexible.

2.1.1.2.1. Modelo a ecuaciones diferenciales del sistema estructura flexible

Para obtener el modelo del sistema en base al método directo se utiliza la segunda ley de Newton.

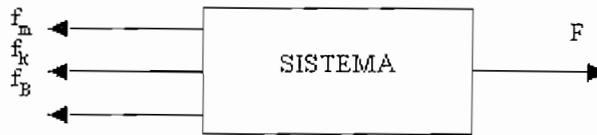


Fig. 2.3. Representación de la sumatoria de fuerzas

Así para traslación, ver fig. 2.3, se tiene:

$$\sum f = 0$$

Donde:

$$\begin{aligned} f_m + f_B + f_k &= F \\ f_m &= m\ddot{x} \\ f_k &= kx \\ f_B &= B\dot{x} \\ m\ddot{x} + B\dot{x} + kx &= F, \end{aligned} \quad (2.1)$$

Aplicando el mismo procedimiento al diagrama de la fig. (2.2), para desplazamientos y velocidades netos se tiene el modelo a ecuaciones diferenciales:

$$My + b(\dot{y} - \dot{d}) + k(y - d) = u, \quad (2.2)$$

$$m\ddot{d} + b(\dot{d} - \dot{y}) + k(d - y) = 0, \quad (2.3)$$

2.1.1-2.2. Modelo a variables de estado del sistema estructura flexible

El movimiento de cualquier sistema dinámico finito se puede expresar como un conjunto de ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden. Esto se conoce como una representación a variables de estado.

Partiendo de las ecuaciones diferenciales que describen la dinámica del sistema sin perturbaciones:

$$\begin{aligned} My + b(y - \dot{d}) + k(y - d) &= u \\ m\dot{d} + b(\dot{d} - \dot{y}) + k(d - y) &= 0 \end{aligned}$$

Tomando las variables de desplazamiento y y d , y sus respectivas velocidades como estados, se define el vector de estado x , como:

$$\begin{aligned} x_1 &= d \\ x_2 &= \dot{d} \\ x_3 &= y \\ x_4 &= \dot{y} \end{aligned} \quad \begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= -\frac{k}{m}x_1 - \frac{b}{m}x_2 + \frac{k}{m}x_3 + \frac{b}{m}x_4 \\ \dot{x}_3 &= x_4 \\ \dot{x}_4 &= \frac{k}{M}x_1 + \frac{b}{M}x_2 - \frac{k}{M}x_3 - \frac{b}{M}x_4 + \frac{u}{M} \end{aligned}$$

Si se agrupan los estados en una matriz columna x , los coeficientes de las ecuaciones de estado en una matriz cuadrada A y los coeficientes de la entrada en la matriz B , la forma matricial del modelo dinámico es:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx$$

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\frac{k}{m} & -\frac{b}{m} & \frac{k}{m} & \frac{b}{m} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{k}{M} & \frac{b}{M} & -\frac{k}{M} & -\frac{b}{M} \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{1}{M} \end{bmatrix} u \quad y = [1 \ 0 \ 0 \ 0]x$$

$$(ds + \bar{K})$$

$$y(s) = \frac{(ms^2 + bs + k)}{s^2 [Mms^2 + (M+m)(bs + k)]} u(s)$$

Y la función de transferencia para el sistema localizado es:

$$v(s) = \frac{(ms^2 + bs + k)}{s^2 [Mms^2 + (M+m)(bs + k)]}$$

2.1.1.3. Esquema del sistema orientación de un satélite en base a una estructura flexible

Los satélites requieren un control de posición de manera que las antenas, sensores y paneles solares estén orientados adecuadamente.

Imagínese que el vehículo tiene una misión de reconocimiento astronómico, requiriendo la localización precisa de un paquete de sensores científicos, que se deben mantener en un ambiente aislado de vibraciones y de ruido eléctrico, el cual contiene suministradores de energía, impulsores y engranaje de comunicación. Las torsiones de perturbación debidas a la presión solar, los micrometeoritos y las perturbaciones orbitales se consideran despreciables. Esquemáticamente, el modelo dinámico para esta situación se muestra en la figura 2.4.

Si el sistema se controla mediante la medición del ángulo de la antena θ y esa señal se usa para guiar el control de los chorros, existe la posibilidad de flexibilidad en la estructura entre la medida de θ y la fuerza de control aplicada.

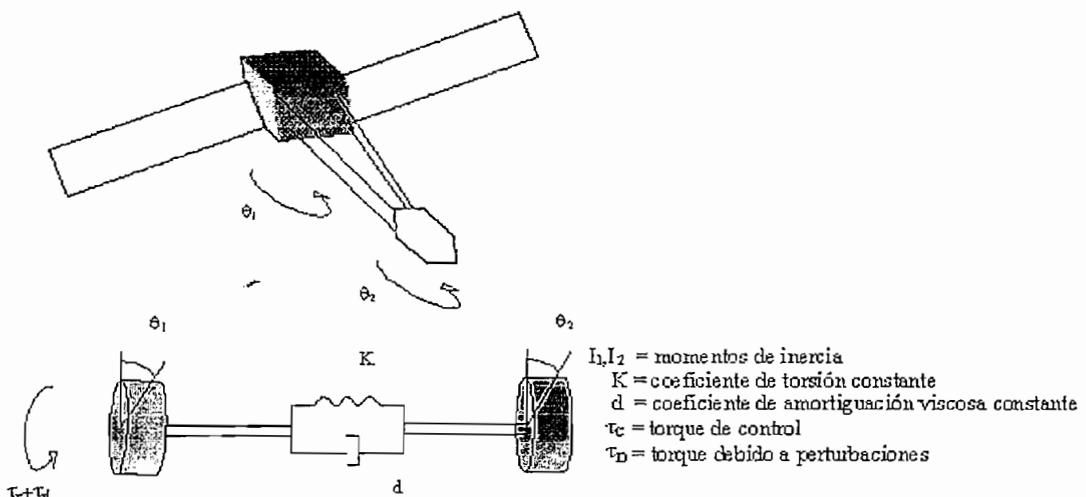


Fig. 2.4. Orientación de un satélite mediante una estructura flexible

2.1.1.3.1. Modelo a ecuaciones diferenciales del sistema orientación de un satélite en base a una estructura flexible

En este caso se utiliza la ley de Newton para el movimiento rotacional, que es:

$$\sum \tau = 0$$

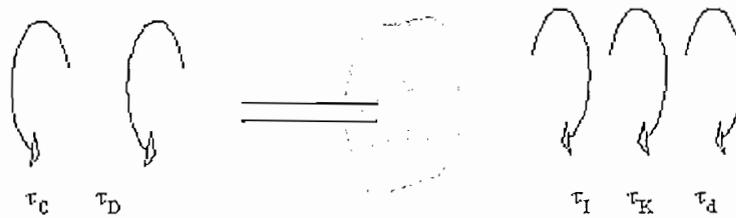


Fig. 2.5. Representación de la sumatoria de torques

Refiriéndose a la Fig. 2.5, se tiene que:

$$\begin{aligned} \tau_I + \tau_K + \tau_d &= \tau_C + \tau_D \\ I\ddot{\theta} + d\dot{\theta} + K\theta &= \tau_C + \tau_D, \end{aligned} \quad (2.6)$$

Para el diagrama de la Fig. 2.4 se tiene aplicando el método directo para desplazamientos y velocidades angulares netos, las ecuaciones:

Para I_1 , es:

$$\begin{aligned} \tau_I + \tau_K + \tau_d &= \tau_C + \tau_D \\ I_1\ddot{\theta}_1 + d(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_2) + K(\theta_1 - \theta_2) &= \tau_C + \tau_D, \end{aligned} \quad (2.7)$$

Para I_2 se tiene torques de reacción $-\tau_d$, $-\tau_k$ que se comportan como excitación para I_2 , entonces:

$$\begin{aligned} I_2\ddot{\theta}_2 &= d(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_2) + K(\theta_1 + \theta_2) \\ I_2\ddot{\theta}_2 + d(\dot{\theta}_2 - \dot{\theta}_1) + K(\theta_2 - \theta_1) &= 0, \end{aligned} \quad (2.8)$$

Obteniéndose de esta forma con las ecuaciones 2.7. y 2.8. el modelo a ecuaciones diferenciales del esquema orientación de un satélite en base a una estructura flexible.

2.1.1.3.2. Modelo a variables de estado del sistema orientación de un satélite en base a una estructura flexible

Partiendo de las ecuaciones diferenciales que describen la dinámica del sistema sin perturbaciones:

$$I_1\ddot{\theta}_1 + d(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_2) + K(\theta_1 - \theta_2) = \tau_c, \quad (2.9)$$

$$I_2\ddot{\theta}_2 + d(\dot{\theta}_2 - \dot{\theta}_1) + K(\theta_2 - \theta_1) = 0, \quad (2.10)$$

Tomando las variables de desplazamiento angular θ_1 y θ_2 , y sus respectivas velocidades angulares como estados, se define el vector de estado x , como:

$$\begin{aligned} x_1 &= \theta_2 & \dot{x}_1 &= x_2 \\ x_2 &= \dot{\theta}_2 & \dot{x}_2 &= -\frac{K}{I_2}x_1 - \frac{d}{I_2}x_2 + \frac{K}{I_2}x_3 + \frac{d}{I_2}x_4 \\ x_3 &= \theta_1 & \dot{x}_3 &= x_4 \\ x_4 &= \dot{\theta}_1 & \dot{x}_4 &= \frac{K}{I_1}x_1 + \frac{d}{I_1}x_2 - \frac{K}{I_1}x_3 - \frac{d}{I_1}x_4 + \frac{u}{I_1} \end{aligned}$$

La forma matricial del modelo dinámico es:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\frac{K}{I_2} & -\frac{d}{I_2} & \frac{K}{I_2} & \frac{d}{I_2} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{K}{I_1} & \frac{d}{I_1} & -\frac{K}{I_1} & -\frac{d}{I_1} \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{1}{I_1} \end{bmatrix} u \quad y = [1 \quad 0 \quad 0 \quad 0]x$$

"El análisis físico del brazo conduce a suponer que los parámetros K y d varían como resultado de fluctuaciones en la temperatura, pero que están limitados por

$$0.09 \leq K \leq 0.4,$$

$$0.04\sqrt{\frac{K}{10}} \leq d \leq 0.2\sqrt{\frac{K}{10}}.$$

Como resultado, la frecuencia natural sin amortiguamiento del vehículo ω_n puede variar entre 1 y 2 rad/s, y la relación de amortiguación ξ varía entre 0.02 y 0.1. El enfoque del diseño cuando los parámetros están sujetos a variaciones es elegir valores nominales ("el peor caso") para los parámetros y construir el diseño de manera que ningún valor posible de los parámetros puede hacer que las especificaciones no se cumplan. En el presente caso, se selecciona un modelo nominal que tenga $\omega_n = 1$ (el valor menor) y $\xi = 0.02$ (también el valor menor). Estos corresponden a los valores de los parámetros:

$$I_1 = 1$$

$$I_2 = 0.1$$

$$K = 0.0909$$

$$d = 0.0036$$

....^[1]

Entonces el modelo a variables de estado que se utiliza en este trabajo esta dado por:

$$\dot{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -0.909 & -0.036 & 0.909 & 0.036 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0.0909 & 0.0036 & -0.0909 & -0.0036 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \mathbf{u} \quad \mathbf{y} = [1 \ 0 \ 0 \ 0] \mathbf{x}$$

^[1] POWELL y FRANKLIN, Control de sistemas dinámicos con reatrolimentación, página 448

2.1.1.3.3. Modelo a función de transferencia del sistema orientación de un satélite en base a una estructura flexible

Aplicando la transformada de Laplace a las ecuaciones (2.9) y (2.10), se tiene:

$$\begin{aligned} I_1\theta_1(s)s^2 + d[\theta_1(s) - \theta_2(s)]s + K[\theta_1(s) - \theta_2(s)] &= \tau_c(s) \\ I_2\theta_2(s)s^2 + d[\theta_2(s) - \theta_1(s)]s + K[\theta_2(s) - \theta_1(s)] &= 0 \end{aligned}$$

Al ordenar queda:

$$\begin{aligned} (I_1s^2 + ds + K)\theta_1(s) - (ds + K)\theta_2(s) &= \tau_c(s) \\ -(ds + K)\theta_1(s) + (I_2s^2 + ds + K)\theta_2(s) &= 0 \end{aligned}$$

Para este caso también existen dos funciones de transferencia: una entre el torque y θ_2 (caso no localizado), y la otra entre el torque y θ_1 (caso localizado).

Para el sistema no localizado se despeja $\theta_1(s)$:

$$\theta_1(s) = \frac{(I_2s^2 + ds + K)}{(ds + K)}\theta_2(s)$$

Al reemplazar se tiene:

$$(I_1s^2 + ds + K)\frac{(I_2s^2 + ds + K)}{(ds + K)}\theta_2(s) - (ds + K)\theta_2(s) = \tau_c(s)$$

Donde $\theta_2(s)$ es:

$$\theta_2(s) = \frac{(ds + K)}{s^2[I_1I_2s^2 + (I_1 + I_2)(ds + K)]}\tau_c(s)$$

La función de transferencia resultante es:

$$G_3(s) = \frac{\theta_2(s)}{\tau_c(s)} = \frac{(ds + K)}{s^2 [I_1 I_2 s^2 + (I_1 + I_2)(ds + K)]} \quad (2.11)$$

Con valores:

$$G_3(s) = \frac{0.036(s + 25.25)}{s^2 [s^2 + 0.0396s + 0.9999]}$$

Para el sistema localizado se despeja $\theta_2(s)$:

$$\theta_2(s) = \frac{(ds + K)}{(I_2 s^2 + ds + K)} \theta_1(s)$$

Obteniéndose al reemplazar:

$$(I_1 s^2 + ds + K) \theta_1(s) - \frac{(ds + K)^2}{(I_2 s^2 + ds + K)} \theta_1(s) = \tau_c(s)$$

Y la función de transferencia es:

$$G_4(s) = \frac{\theta_1(s)}{\tau_c(s)} = \frac{(I_2 s^2 + ds + K)}{s^2 [I_1 I_2 s^2 + (I_1 + I_2)(ds + K)]} \quad (2.12)$$

Con valores:

$$G_4(s) = \frac{(s^2 + 0.036s + 0.9090)}{s^2 [s^2 + 0.0396s + 0.9999]}$$

2.1.1.3.4. Modelo a función de transferencia a partir de variables de estado del sistema orientación de un satélite en base a una estructura flexible

La función de transferencia también puede obtenerse partiendo del modelo a variables de estado:

2.1.2.1. Modelo a ecuaciones diferenciales del sistema estructura flexible

En la sección anterior se obtuvo el modelo a ecuaciones diferenciales utilizando el método directo. Ahora se plantea el método variacional para encontrar dichas ecuaciones.

Las ecuaciones de movimiento se obtienen usando el método variacional. Para lo cual se aplica la ecuación de Lagrange:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) - \left(\frac{\partial L}{\partial q_i} \right) + \left(\frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial q_i} \right) = 0, \quad (2.13a)$$

$$\left(\frac{\partial L}{\partial q_i} \right) - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) = \left(\frac{\partial \mathfrak{F}}{\partial q_i} \right), \quad (2.13b)$$

Donde:

L = lagrangiano

\mathfrak{F} = función de disipación de Rayleigh

q_i = variable de movimiento o coordenada variacional. Se consideran y, d

La energía cinética en el sistema es:

$$T = \frac{1}{2} My^2 + \frac{1}{2} m\dot{d}^2$$

La energía potencial:

$$U = \frac{1}{2} k(d - y)^2$$

El lagrangiano que se define como la diferencia entre la energía cinética y la potencial del sistema, es:

34

$$\left(\frac{\partial \sigma}{\partial a} \right) \quad \bar{a} \quad \left(\frac{\partial \sigma}{\partial a} \right) \quad \left(\frac{\partial \sigma}{\partial \bar{a}} \right)$$

35

36

La función de transferencia resultante es:

$$G_3(s) = \frac{\theta_2(s)}{\tau_c(s)} = \frac{(ds + K)}{s^2 [I_1 I_2 s^2 + (I_1 + I_2)(ds + K)]}, \quad (2.11)$$

Con valores:

$$G_3(s) = \frac{0.036(s + 25.25)}{s^2 [s^2 + 0.0396s + 0.9999]}$$

Para el sistema localizado se despeja $\theta_2(s)$:

$$\theta_2(s) = \frac{(ds + K)}{(I_2 s^2 + ds + K)} \theta_1(s)$$

Obteniéndose al reemplazar:

$$(I_1 s^2 + ds + K) \theta_1(s) - \frac{(ds + K)^2}{(I_2 s^2 + ds + K)} \theta_1(s) = \tau_c(s)$$

Y la función de transferencia es:

$$G_4(s) = \frac{\theta_1(s)}{\tau_c(s)} = \frac{(I_2 s^2 + ds + K)}{s^2 [I_1 I_2 s^2 + (I_1 + I_2)(ds + K)]}, \quad (2.12)$$

Con valores:

$$G_4(s) = \frac{(s^2 + 0.036s + 0.9090)}{s^2 [s^2 + 0.0396s + 0.9999]}$$

2.1.1.3.4. Modelo a función de transferencia a partir de variables de estado del sistema orientación de un satélite en base a una estructura flexible

La función de transferencia también puede obtenerse partiendo del modelo a variables de estado:

$$\begin{aligned}\dot{\underline{x}} &= A\underline{x} + B\underline{u} \\ y &= C\underline{x}\end{aligned}$$

Al aplicar Laplace al modelo, se tiene

$$\begin{aligned}s\underline{X}(s) - \underline{X}(0) &= A\underline{X}(s) + B\underline{U}(s) \\ (sI - A)\underline{X}(s) &= B\underline{U}(s) + \underline{X}(0) \\ \underline{X}(s) &= (sI - A)^{-1}B\underline{U}(s) + (sI - A)^{-1}\underline{X}(0) \\ Y(s) &= C\underline{X}(s)\end{aligned}$$

Reemplazando se llega a

$$\begin{aligned}Y(s) &= C(sI - A)^{-1}B\underline{U}(s) \\ G(s) &= \frac{Y(s)}{U(s)} = C(sI - A)^{-1}B\end{aligned}$$

En este caso el modelo a variables de estado es:

$$\dot{\underline{x}} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\frac{K}{I_2} & -\frac{d}{I_2} & \frac{K}{I_2} & \frac{d}{I_2} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{K}{I_1} & \frac{d}{I_1} & -\frac{K}{I_1} & -\frac{d}{I_1} \end{bmatrix} \underline{x} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ I_1 \end{bmatrix} u \quad \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \underline{x}$$

Como se debe calcular una matriz inversa es necesario definirla como la matriz adjunta dividida entre su determinante.

$$(sI - A)^{-1} = \frac{\text{adj}(sI - A)}{\det(sI - A)}$$

La matriz adjunta de una matriz cuadrada se forma substituyendo cada elemento a_{ij} por el cofactor c_{ij} y transponiendo.

$$\text{adj}(sI - A) = \begin{bmatrix} \frac{s^2 K}{I_2} & \frac{s^3 I_1 + s^2 d + sK}{I_1} & \frac{s^2 K}{I_2} & \frac{s d + sK}{I_2} \\ \frac{sK}{I_1} & \frac{sd + K}{I_1} & \frac{s^3 I_1 I_2 + s^2 d(I_1 + I_2) + sKI_1}{I_1 I_2} & \frac{s^2 I_2 + sd + K}{I_2} \\ \frac{s^2 K}{I_1} & \frac{s^2 d + sK}{I_1} & \frac{s^2 K}{I_1} & \frac{s^3 I_1 + s^2 d + sK}{I_2} \\ \frac{s^2 K}{I_1} & \frac{s^2 d + sK}{I_1} & \frac{s^2 K}{I_1} & \frac{s^3 I_1 + s^2 d + sK}{I_2} \end{bmatrix}$$

$$\det (sI - A) = \sum_{j=1}^4 a_{ij}c_{ij} = a_{11}c_{11} + a_{12}c_{12} + a_{13}c_{13} + a_{14}c_{14}$$

$$\det (sI - A) = \frac{s^2 [s^2 I_1 I_2 + (I_1 + I_2)(sd + K)]}{I_1 I_2}$$

$$(sI - A)^{-1} = \frac{\begin{bmatrix} \frac{s^3 I_1 I_2 + s^2 d(I_1 + I_2) + sKI_2}{I_1 I_2} & \frac{s^2 I_1 + sd + K}{I_1} & \frac{sK}{I_2} & \frac{sd + K}{I_2} \\ \frac{I_2}{s^2 K} & \frac{s^3 I_1 + s^2 d + sK}{I_1} & \frac{s^2 K}{I_2} & \frac{s^2 d + sK}{I_2} \\ \frac{sK}{I_1} & \frac{sd + K}{I_1} & \frac{s^3 I_1 I_2 + s^2 d(I_1 + I_2) + sKI_2}{I_1 I_2} & \frac{s^2 I_2 + sd + K}{I_2} \\ \frac{s^2 K}{I_1} & \frac{s^2 d + sK}{I_1} & \frac{s^2 K}{I_1} & \frac{s^3 I_2 + s^2 d + sK}{I_2} \end{bmatrix}}{s^2 [s^2 I_1 I_2 + (I_1 + I_2)(sd + K)]}$$

En realidad lo que se obtiene es la matriz función transferencia que contiene las funciones de transferencia de los sistemas localizado y no localizado.

$$G(s) = \begin{bmatrix} G_3(s) \\ G_4(s) \end{bmatrix} = C(sI - A)^{-1}B = \begin{bmatrix} \frac{(sd + K)}{s^2 [s^2 I_1 I_2 + (I_1 + I_2)(sd + K)]} \\ \frac{(s^2 I_2 + sd + K)}{s^2 [s^2 I_1 I_2 + (I_1 + I_2)(sd + K)]} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{0.036(s + 25.25)}{s^2 [s^2 + 0.0396s + 0.9999]} \\ \frac{(s^2 + 0.036s + 0.9090)}{s^2 [s^2 + 0.0396s + 0.9999]} \end{bmatrix}$$

2.1.1 MODELO EN BASE AL MÉTODO VARIACIONAL

Este metodo permite obtener el modelo a ecuaciones diferenciales. Se realiza para el sistema estructura flexible y para el sistema orientación de un satelite en base a una estructura flexible.

2.1.2.1. Modelo a ecuaciones diferenciales del sistema estructura flexible

En la sección anterior se obtuvo el modelo a ecuaciones diferenciales utilizando el método directo. Ahora se plantea el método variacional para encontrar dichas ecuaciones.

Las ecuaciones de movimiento se obtienen usando el método variacional. Para lo cual se aplica la ecuación de Lagrange:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) - \left(\frac{\partial L}{\partial q_i} \right) + \left(\frac{\partial \mathfrak{S}}{\partial q_i} \right) = 0, \quad (2.13a)$$

$$\left(\frac{\partial L}{\partial q_i} \right) - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) = \left(\frac{\partial \mathfrak{S}}{\partial q_i} \right), \quad (2.13b)$$

Donde:

L = lagrangiano

\mathfrak{S} = función de disipación de Rayleigh

q_i = variable de movimiento o coordenada variacional. Se consideran y, d

La energía cinética en el sistema es:

$$T = \frac{1}{2} M \dot{y}^2 + \frac{1}{2} m \dot{d}^2$$

La energía potencial:

$$U = \frac{1}{2} k (d - y)^2$$

El lagrangiano que se define como la diferencia entre la energía cinética y la potencial del sistema, es:

$$L = T - U$$

$$L = \frac{1}{2}M\dot{y}^2 + \frac{1}{2}m\dot{d}^2 - \frac{1}{2}k(d - y)^2, \quad (2.14)$$

Para aplicar la ecuación (2.13) falta determinar la función de disipación de Rayleigh, y para este caso es:

$$\mathfrak{S} = \frac{1}{2}b(\dot{d} - \dot{y})^2 - u, \quad (2.15)$$

Para $q_1 = y$, se tiene

$$\left(\frac{\partial L}{\partial y}\right) - \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{y}}\right) = \left(\frac{\partial \mathfrak{S}}{\partial y}\right)$$

Al desarrollar cada término reemplazando las ecuaciones (2.14) y (2.15) respectivamente

$$\left(\frac{\partial L}{\partial y}\right) = k(d - y)$$

$$\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{y}}\right) = My \quad y \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{y}}\right) = My$$

$$\left(\frac{\partial \mathfrak{S}}{\partial \dot{y}}\right) = -b(\dot{d} - \dot{y}) - u$$

Obteniéndose la ecuación:

$$My + b(\dot{y} - \dot{d}) + k(y - d) = u, \quad (2.16)$$

De igual forma para $q_2 = d$

$$\left(\frac{\partial L}{\partial d}\right) - \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{d}}\right) = \left(\frac{\partial \mathfrak{S}}{\partial d}\right)$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial L}{\partial d}\right) &= -k(d-y) \\ \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{d}}\right) &= m\dot{d} \quad \text{y} \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{d}}\right) = m\ddot{d} \\ \left(\frac{\partial \mathcal{S}}{\partial \dot{d}}\right) &= b(\dot{d}-y) \end{aligned}$$

Obteniéndose la ecuación:

$$m\ddot{d} + b(\dot{d} - y) + k(d - y) = 0, \quad (2.17)$$

Por tanto el modelo a ecuaciones diferenciales de esta estructura esta dado por:

$$\begin{aligned} My + b(y - \dot{d}) + k(y - d) &= u \\ m\ddot{d} + b(\dot{d} - y) + k(d - y) &= 0 \end{aligned}$$

2.1.2.2. Modelo a ecuaciones diferenciales del sistema orientación de un satélite en base a una estructura flexible

Siguiendo el mismo procedimiento que para la sección 2.1.2.1. se tiene que las variables de movimiento q_i para este sistema están dadas por θ_1, θ_2 .

La energía cinética en el sistema es:

$$T = \frac{1}{2}I_1\dot{\theta}_1^2 + \frac{1}{2}I_2\dot{\theta}_2^2$$

La energía potencial es:

$$U = \frac{1}{2}K(\theta_2 - \theta_1)^2$$

El Lagrangiano es:

$$L = \frac{1}{2}I_1\dot{\theta}_1^2 + \frac{1}{2}I_2\dot{\theta}_2^2 - \frac{1}{2}K(\theta_2 - \theta_1)^2, \quad (2.18)$$

La función de disipación de Rayleigh, para este caso es:

$$\mathfrak{S} = \frac{1}{2}d(\dot{\theta}_2 - \dot{\theta}_1)^2 - \tau_c\dot{\theta}_1 - \tau_D\dot{\theta}_1, \quad (2.19)$$

Se tiene que:

$$\left(\frac{\partial L}{\partial \theta_1}\right) - \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}_1}\right) = \left(\frac{\partial \mathfrak{S}}{\partial \dot{\theta}_1}\right)$$

$$I_1\ddot{\theta}_1 + d(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_2) + K(\theta_1 - \theta_2) = (\tau_c + \tau_D), \quad (2.20)$$

$$\left(\frac{\partial L}{\partial \theta_2}\right) - \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}_2}\right) = \left(\frac{\partial \mathfrak{S}}{\partial \dot{\theta}_2}\right)$$

$$I_2\ddot{\theta}_2 + d(\dot{\theta}_2 - \dot{\theta}_1) + K(\theta_2 - \theta_1) = 0, \quad (2.21)$$

Sin perturbaciones, el modelo a ecuaciones diferenciales está dado por:

$$I_1\ddot{\theta}_1 + d(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_2) + K(\theta_1 - \theta_2) = \tau_c, \quad (2.22)$$

$$I_2\ddot{\theta}_2 + d(\dot{\theta}_2 - \dot{\theta}_1) + K(\theta_2 - \theta_1) = 0, \quad (2.23)$$

Las ecuaciones 2.22 y 2.23 como se aprecian son las mismas que las ecuaciones 2.7 y 2.8, pero obtenidas mediante el método variacional.

2.3.2 MODELO EN BASE AL DIAGRAMA DE REDES

Para llegar al modelo en base al diagrama de redes se hace una analogía de las variables mecánicas con respecto a las eléctricas, que se presentan en la tabla 2.1.

VARIABLES ELECTRICAS	TRASLACIÓN	ROTACIÓN
C (capacitancia)	M (masa)	I (momento de inercia)
L (inductancia)	1/k (k, constante de elasticidad)	1/K (K, constante de torsión)
R (resistencia)	1/b (b, constante de amortiguamiento viscoso)	1/d (d, constante de amortiguamiento viscoso)
i(s) (intensidad de corriente)	F(s) (fuerza aplicada)	τ(s) (torque aplicado)
V(s) (voltaje)	v(s) (velocidad lineal)	ω(s) (velocidad angular)

Tabla 2.1. Analogía entre variables eléctrica y mecánicas

Luego de identificar las variables del sistema y de proponer el circuito equivalente, se plantean las ecuaciones de red. Tomando en cuenta que para circuitos que tienen fuentes de voltaje es mejor utilizar las ecuaciones de mallas y para aquellos que tienen fuentes de corriente las ecuaciones de nodo.

A continuación se desarrollan los modelos en base al método de redes de los sistemas de estructura flexible: Doble masa - resorte - amortiguador y orientación de un satélite.

2.3.2.1. Modelo a función de transferencia del sistema: estructura flexible

Se plantea el circuito equivalente presentado en la figura 2.6 y se observa que existe una fuente equivalente a una de corriente por lo se utiliza las ecuaciones de nodo.

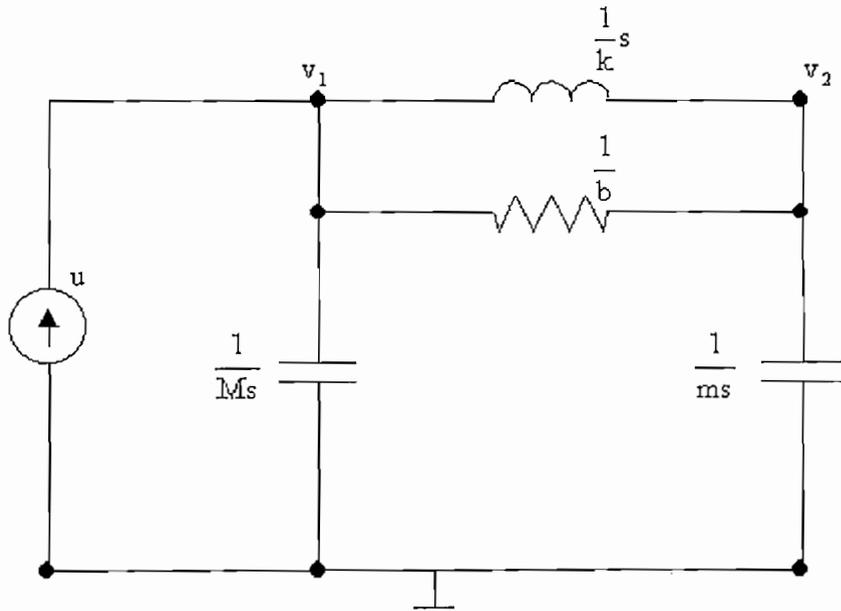


Fig. 2. 6. Circuito equivalente el sistema estructura flexible

Utilizando la ecuación matricial:

$$\underline{A}\underline{V} = \underline{F}$$

Donde

A = matriz admitancia equivalente

V = vector velocidad

F = vector fuerza

Recordando que las admitancias son las inversas de las inductancias y que en paralelo se suman, se plantea la ecuación matricial de nodo para este caso:

$$\begin{bmatrix} \left(\frac{k}{s} + b + Ms\right) & -\left(\frac{k}{s} + b\right) \\ -\left(\frac{k}{s} + b\right) & \left(\frac{k}{s} + b + ms\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u \\ 0 \end{bmatrix}$$

La velocidad es la derivada de la posición y en la variable s se tiene:

$$\begin{bmatrix} \left(\frac{k}{s} + b + Ms\right) & -\left(\frac{k}{s} + b\right) \\ -\left(\frac{k}{s} + b\right) & \left(\frac{k}{s} + b + ms\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} sy \\ sd \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u \\ 0 \end{bmatrix}$$

Para que la función de transferencia este en términos de las posiciones:

$$\begin{bmatrix} \left(\frac{k}{s} + b + Ms\right)s & -\left(\frac{k}{s} + b\right)s \\ -\left(\frac{k}{s} + b\right)s & \left(\frac{k}{s} + b + ms\right)s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y \\ d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u \\ 0 \end{bmatrix}$$

Calculando para la variable d :

$$d = \frac{\begin{vmatrix} (k + bs + Ms^2) & u \\ -(k + bs) & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} (k + bs + Ms^2) & -(k + bs) \\ -(k + bs) & (k + bs + ms^2) \end{vmatrix}} = \frac{u(k + bs)}{Mms^4 + d(M + m)s^3 + k(M + m)s^2}$$

Se obtiene la función de transferencia:

$$G = \frac{d}{u} = \frac{(k + bs)}{Mms^4 + d(M + m)s^3 + k(M + m)s^2}$$

Que si la comparamos con la obtenida por los métodos anteriores es la misma.

2.1.2.2. Modelo a función de transferencia del sistema: orientación de un satélite en base a una estructura flexible

El modelo de orientación de un satélite es la versión rotacional del sistema anteriormente trabajado, y se sigue el mismo procedimiento, utilizando el circuito de la Fig. 2.7.

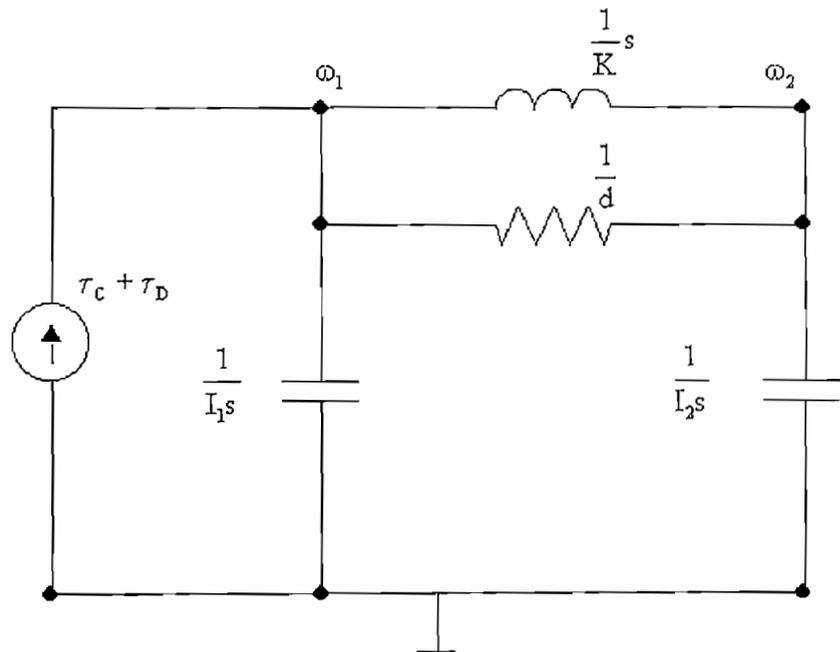


Fig. 2.7. Circuito equivalente el sistema orientación de un satélite en base a una estructura flexible

La ecuación matricial para este caso es:

$$\begin{bmatrix} \left(\frac{K}{s} + d + I_1 s\right) & -\left(\frac{K}{s} + d\right) \\ -\left(\frac{K}{s} + d\right) & \left(\frac{K}{s} + d + I_2 s\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tau_c + \tau_D \\ 0 \end{bmatrix}$$

Para el movimiento angular la velocidad angular es la derivada del desplazamiento angular, entonces para la variable s se tiene:

$$\begin{bmatrix} \left(\frac{K}{s} + d + I_1 s\right) & -\left(\frac{K}{s} + d\right) \\ -\left(\frac{K}{s} + d\right) & \left(\frac{K}{s} + d + I_2 s\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s\theta_1 \\ s\theta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tau_c + \tau_D \\ 0 \end{bmatrix}$$

En función de los desplazamientos angulares:

$$\begin{bmatrix} \left(\frac{K}{s} + d + I_1 s\right)s & -\left(\frac{K}{s} + d\right)s \\ -\left(\frac{K}{s} + d\right)s & \left(\frac{K}{s} + d + I_2 s\right)s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tau_c + \tau_D \\ 0 \end{bmatrix}$$

Luego de las respectivas operaciones matriciales se tiene que θ_2 es:

$$\theta_2 = \frac{\begin{vmatrix} (K + ds + I_1 s^2) & \tau_c + \tau_D \\ -(K + ds) & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} (K + ds + I_1 s^2) & -(K + ds) \\ -(K + ds) & (K + ds + I_2 s^2) \end{vmatrix}} = \frac{(\tau_c + \tau_D)(K + ds)}{I_1 I_2 s^4 + d(I_1 + I_2)s^3 + K(I_1 + I_2)s^2}$$

Si se dividen ambos miembros para el torque total se llega a la función de transferencia del sistema no localizado que se la obtuvo por los métodos anteriores.

$$G = \frac{\theta_2}{\tau_c} = \frac{(K + ds)}{I_1 I_2 s^4 + d(I_1 + I_2)s^3 + K(I_1 + I_2)s^2}$$

2.2. MODELO DISCRETO

Para el sistema discreto se obtiene el modelo a función de transferencia discreta, el modelo a ecuaciones de diferencia y el modelo a variables de estado discretas.

2.2.1. MODELO A FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DISCRETA

Para obtener el modelo a función de transferencia discreta se aplicara la técnica de discretización ZOH (zero order hold, retenedor de orden cero). Entonces el modelo discreto es:

$$G(z) = (1 - z^{-1})Z\left\{\frac{G(s)}{s}\right\}$$

De la sección 2.1 se toma la función de transferencia encontrada

$$\frac{G(s)}{s} = \frac{(sd + k)}{s^3 [s^2 I_1 I_2 + (I_1 + I_2)(sd + k)]}$$

Utilizando la técnica de fracciones parciales:

$$\frac{G(s)}{s} = \frac{As^2 + Bs + C}{s^3} + \frac{Ds + E}{s^3 [s^2 I_1 I_2 + (I_1 + I_2)(sd + k)]}$$

Los parámetros encontrados al resolver el sistema de ecuaciones son:

$$A = -\frac{I_1 I_2}{(I_1 + I_2)^2 k}$$

$$B = 0$$

$$C = \frac{1}{(I_1 + I_2)}$$

$$D = \frac{I_1^2 I_2^2}{(I_1 + I_2)^2 k}$$

$$E = \frac{I_1 I_2 d}{(I_1 + I_2) k}$$

Reemplazando valores se tiene:

$$\frac{G(s)}{s} = -\frac{0.9082}{s} + \frac{0.9091}{s^3} + 0.9082 \frac{s + 0.0198}{[(s + 0.0198)^2 + (1.0007)^2]} - 0.0180 \frac{1.007}{[(s + 0.019800)^2 + (1.0007)^2]}$$

Tomando la transformada z

$$\begin{aligned} Z\left\{\frac{G(s)}{s}\right\} &= -0.9082 \frac{z}{z-1} \\ &+ 0.9091 \frac{T^2 z(z+1)}{2(z-1)^3} \\ &+ 0.9082 \frac{z[z - e^{-0.0198T} \cos(1.0007T)]}{z^2 - 2e^{-0.0198T} z \cos(1.0007T) + e^{-0.0396T}} \\ &+ 0.0180 \frac{(ze^{-0.0198T} \sin(1.0007T))}{z^2 - 2e^{-0.0198T} z \cos(1.0007T) + e^{-0.0396T}} \end{aligned}$$

Para finalmente llegar al modelo discreto:

$$\begin{aligned} G(z) &= -0.9082 + 0.9091 \frac{T^2 (z+1)}{2(z-1)^2} \\ &+ 0.9082 \frac{(z-1)[z - e^{-0.0198T} \cos(1.0007T)]}{z^2 - 2e^{-0.0198T} z \cos(1.0007T) + e^{-0.0396T}} \\ &+ 0.0180 \frac{(z-1)[e^{-0.0198T} \sin(1.0007T)]}{z^2 - 2e^{-0.0198T} z \cos(1.0007T) + e^{-0.0396T}} \end{aligned}$$

Haciendo $T = 0$, la función de transferencia discreta es:

$$G(z) = \frac{0.00000978z^3 + 0.00005954z^2 + 0.00002362z - 0.00000220}{z^4 - 3.9861z^3 + 5.9682z^2 - 3.9782z + 0.9960}$$

2.2.2. MODELO A ECUACIONES DE DIFERENCIA

Partiendo de la función de transferencia discreta se procede a multiplicar el numerador y el denominador por la variable z elevada al negativo de la más alta potencia de la función de transferencia:

$$G(z) = \frac{0.00000978z^3 + 0.00005954z^2 + 0.00002362z - 0.00000220}{z^4 - 3.9861z^3 + 5.9682z^2 - 3.9782z + 0.9960} \frac{z^{-4}}{z^{-4}}$$

La función de transferencia discreta es:

$$G(z) = \frac{y(z)}{u(z)} = \frac{0.00000978z^{-1} + 0.00005954z^{-2} + 0.00002362z^{-3} - 0.00000220z^{-4}}{1 - 3.9861z^{-1} + 5.9682z^{-2} - 3.9782z^{-3} + 0.9960z^{-4}}$$

Multiplicando los términos miembro a miembro:

$$y(z)(1 - 3.9861z^{-1} + 5.9682z^{-2} - 3.9782z^{-3} + 0.9960z^{-4}) = u(z)(0.00000978z^{-1} + 0.00005954z^{-2} + 0.00002362z^{-3} - 0.00000220z^{-4})$$

Para presentar el modelo a ecuaciones de diferencia se reemplaza en cada término z^{-n} por el respectivo factor $y(k-n)$ o $u(k-n)$ según corresponda, siendo n la potencia de la variable z .

Entonces el modelo a ecuaciones de diferencia es:

$$y(k) - 3.9861y(k-1) + 5.9682y(k-2) - 3.9782y(k-3) + 0.9960y(k-4) = 0.00000978u(k-1) + 0.00005954u(k-2) + 0.00002362u(k-3) - 0.00000220u(k-4)$$

2.2.3. MODELO A VARIABLES DE ESTADO DISCRETAS

Para encontrar el modelo a variables de estado discretas se siguen dos procedimientos.

El primero utiliza MATLAB para discretizar la planta, con un tiempo de discretización de 0.1, utilizando el método "ZOH" se tienen los resultados:

$$A_d = \begin{bmatrix} 0.9955 & 0.0997 & 0.0045 & 0.0003 \\ -0.0897 & 0.9917 & 0.0897 & 0.0083 \\ 0.0004 & 0.0000 & 0.9996 & 0.1000 \\ 0.0090 & 0.0008 & -0.0090 & 0.9992 \end{bmatrix} \quad B_d = \begin{bmatrix} 0.0000 \\ 0.0003 \\ 0.0050 \\ 0.1000 \end{bmatrix}$$

$$C_d = [1 \quad 0 \quad 0 \quad 0]$$

$$D_d = 0$$

En el segundo se parte del modelo a ecuaciones de diferencia y se despeja el término $y(k)$:

$$y(k) = 3.9861y(k-1) - 5.9682y(k-2) + 3.9782y(k-3) - 0.9960y(k-4) + 0.00000978u(k-1) + 0.00005954u(k-2) + 0.00002362u(k-3) - 0.00000220u(k-4)$$

Posteriormente se construye el diagrama de bloques correspondiente a la ecuación anterior, con la finalidad de plantear las ecuaciones matriciales de estado.

En la figura 2.8. Se tiene el diagrama de bloques par el modelo discreto.

Con la ayuda del diagrama de la fig. 2.8. se construye el modelo a variables de estado como sigue:

$$\begin{bmatrix} x_1(k+1) \\ x_2(k+1) \\ x_3(k+1) \\ x_4(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -0.9960 & 3.9782 & -5.9682 & 3.9861 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \\ x_4(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(k)$$

$$y(k) = [-0.0000022 \quad 0.00002362 \quad 0.00005954 \quad 0.00000978] \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \\ x_4(k) \end{bmatrix}$$

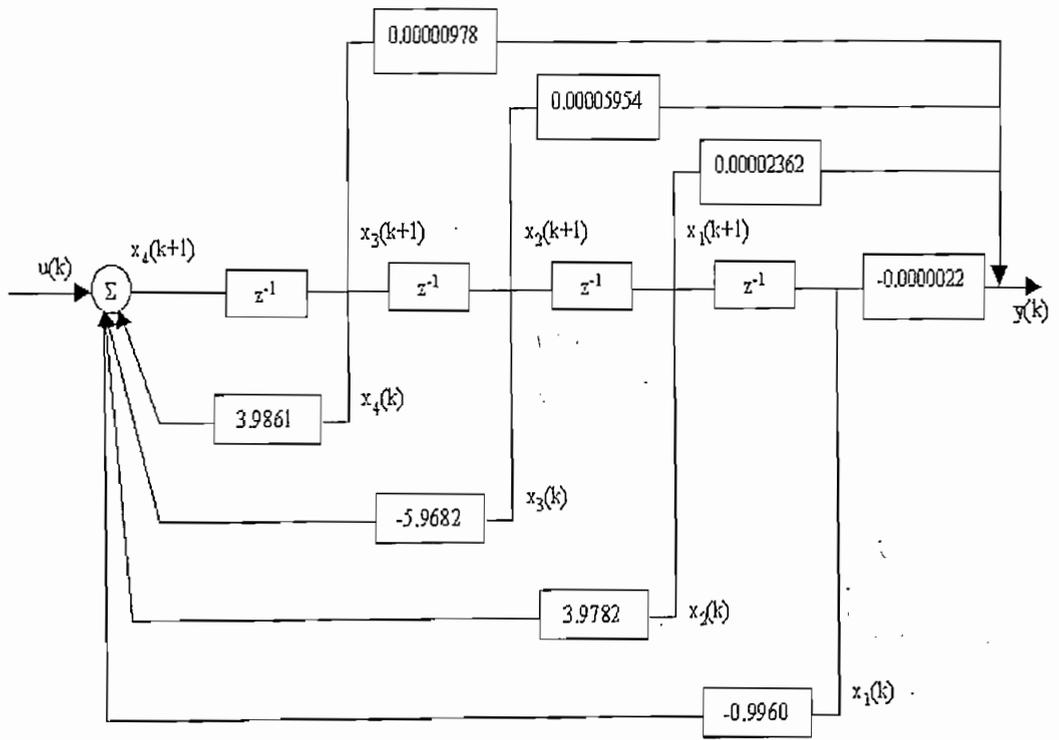


Fig. 2.8. Diagrama de bloques del modelo discreto

CAPITULO III



SIMULACION DEL SISTEMA

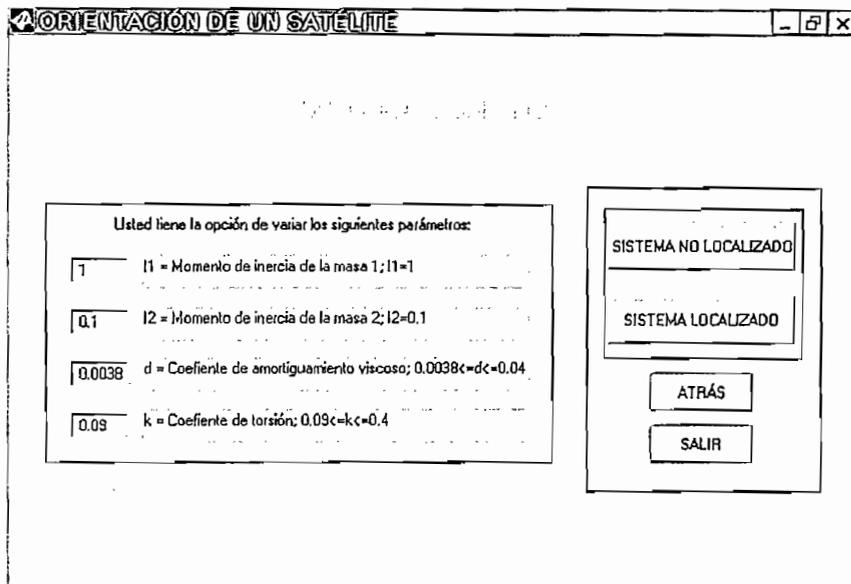
Este capítulo se realiza con la ayuda de simulación el análisis del comportamiento dinámico del sistema continuo y discreto, a través de pantallas en MATLAB.

3.1. SISTEMA CONTINUO

Con la finalidad de analizar el sistema con los datos presentados en la referencia 1, la pantalla 3.1 permite variar los parámetros entre:

$$0.0909 \leq K \leq 0.1818,$$

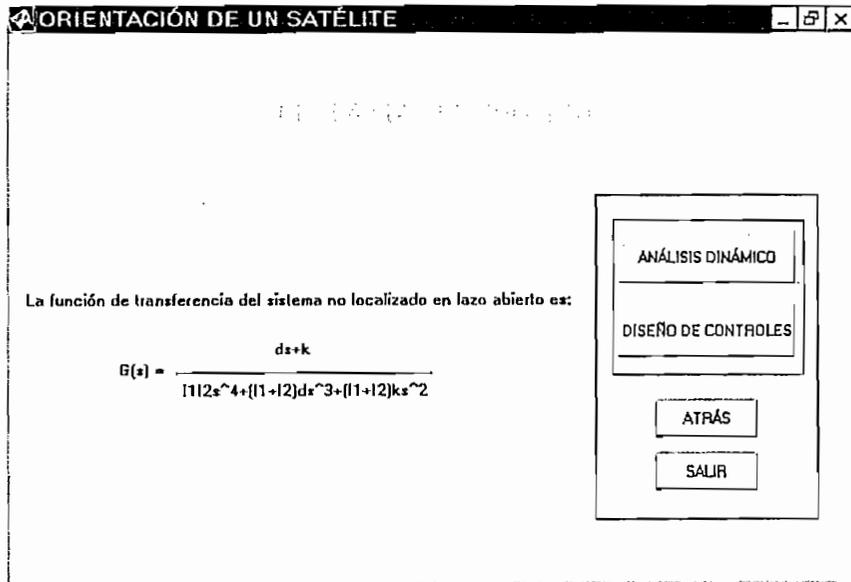
$$0.0378 \sqrt{\frac{K}{10}} \leq d \leq 0.27 \sqrt{\frac{K}{10}}.$$



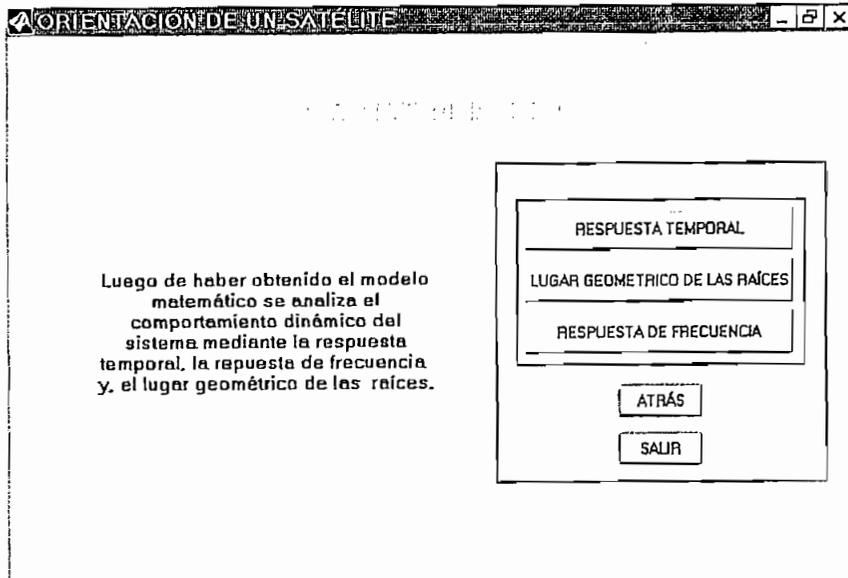
Pantalla 3.1. Presentación de parámetros del modelo continuo

Luego de haber obtenido en el capítulo anterior el modelo matemático se analiza el comportamiento dinámico del sistema localizado y del no localizado (ver pantalla 3.2. para el no localizado), mediante la respuesta temporal, el lugar geométrico de las raíces y

la respuesta de frecuencia, seleccionando las opciones desde la pantalla 3.3. para el caso del sistema no localizado.



Pantalla 3.2. Presentación del sistema no localizado



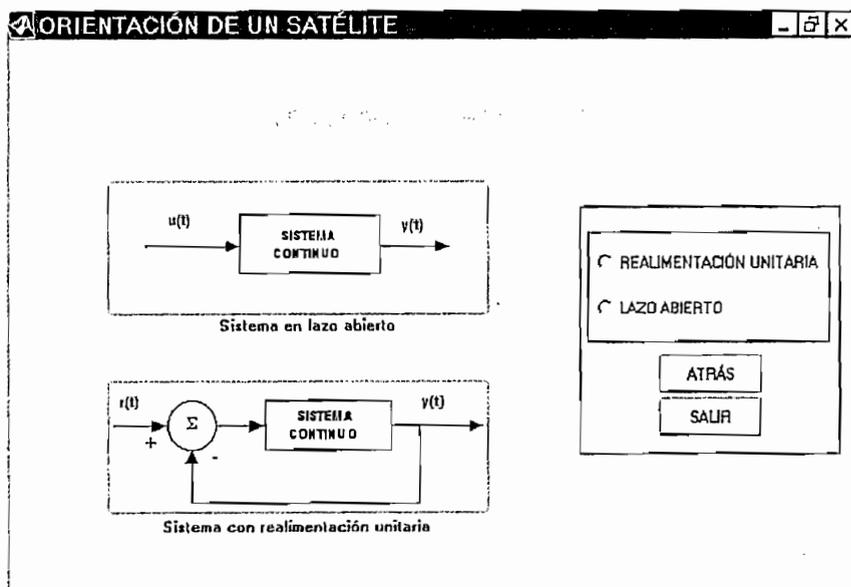
Pantalla 3.3. Opciones para analizar el comportamiento dinámico del sistema

Para el caso localizado se presenta una pantalla de opciones similar a la 3.2, es por esta razón que se detalla a continuación el análisis solo para el sistema no localizado.

3.1.1. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO EN BASE A LA RESPUESTA TEMPORAL.

Considerando que el sistema de control en estudio es lineal invariante en el tiempo y que está sometido a perturbaciones bruscas se usa como señal de entrada de prueba una función escalón.

El análisis se realiza para el sistema en lazo abierto y para realimentación unitaria, opciones que se seleccionan de la pantalla 3.4.



Pantalla 3.4 Opciones para el análisis del modelo discreto en base a la respuesta temporal

3.1.1.1. Sistema en lazo abierto

La función de transferencia de lazo abierto está dada por:

$$FTA = \frac{(ds + K)}{s^2 [I_1 I_2 s^2 + (I_1 + I_2)(ds + K)]} = \frac{\frac{d}{I_1 I_2} \left(s + \frac{K}{d} \right)}{s^2 \left[s^2 + \frac{(I_1 + I_2)}{I_1 I_2} (ds + K) \right]}$$

El cero está en

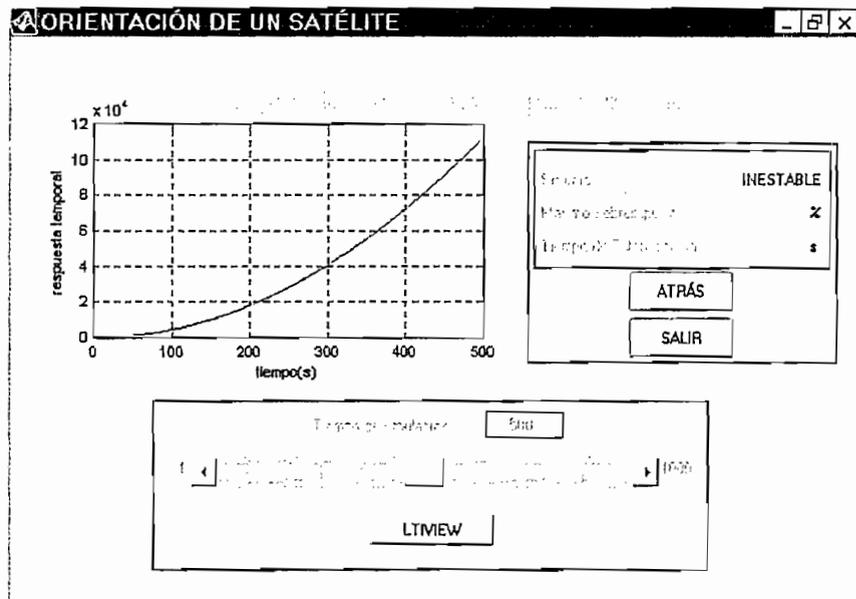
$$s = -\frac{K}{d} = -25.25$$

Los polos están en

$$s_{1,2} = 0$$

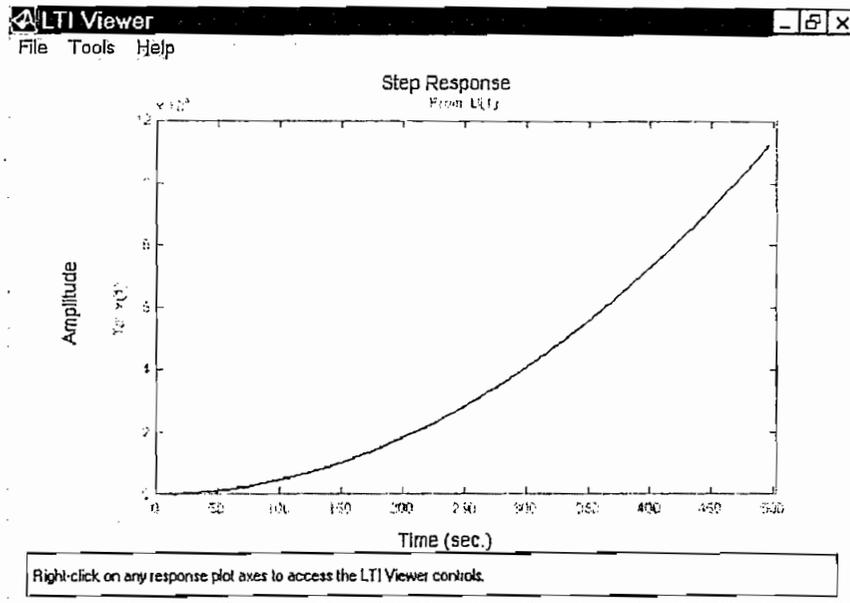
$$s_{3,4} = \frac{(I_1 + I_2)}{2I_1 I_2} \left(-d \pm \sqrt{d^2 - 4K^2} \right) = -0.0198 \pm j0.1818$$

Debido a que el cero está lejos de los polos no contribuye a la respuesta y como tiene dos polos en $s = 0$, se tiene que el sistema es inestable.



Pantalla 3.5. Respuesta al escalón unitario del sistema en lazo abierto

La respuesta temporal se presenta en las pantallas 3.5. y 3.6. Tanto para el caso en lazo abierto como para la realimentación unitaria se tiene la opción de usar el comando LTIVIEW, que permite ver las respuestas que presenta MATLAB.



Pantalla 3.6. Respuesta al escalón unitario del sistema en lazo abierto presentada por MATLAB

Como se puede ver en la simulación, la salida diverge sin límite de su estado de equilibrio cuando es sometido a la entrada paso unitario. Por ser el sistema inestable no se puede hablar de estabilidad relativa ni de error estacionario pues no tiene estado transitorio (estado inicial al estado final) y el estado estacionario (t tiende a infinito) diverge, es decir no tiene punto de equilibrio.

3.1.1.2. Sistema con realimentación unitaria

La función de lazo cerrado, con realimentación unitaria está dada por:

$$FTC = \frac{\frac{d}{I_1 I_2} \left(s + \frac{K}{d} \right)}{s^2 \left[s^2 + \frac{(I_1 + I_2)}{I_1 I_2} (ds + K) \right] + \frac{d}{I_1 I_2} \left(s + \frac{K}{d} \right)}$$

Donde :

El cero de lazo cerrado esta en:

$$s_1 = -25.25$$

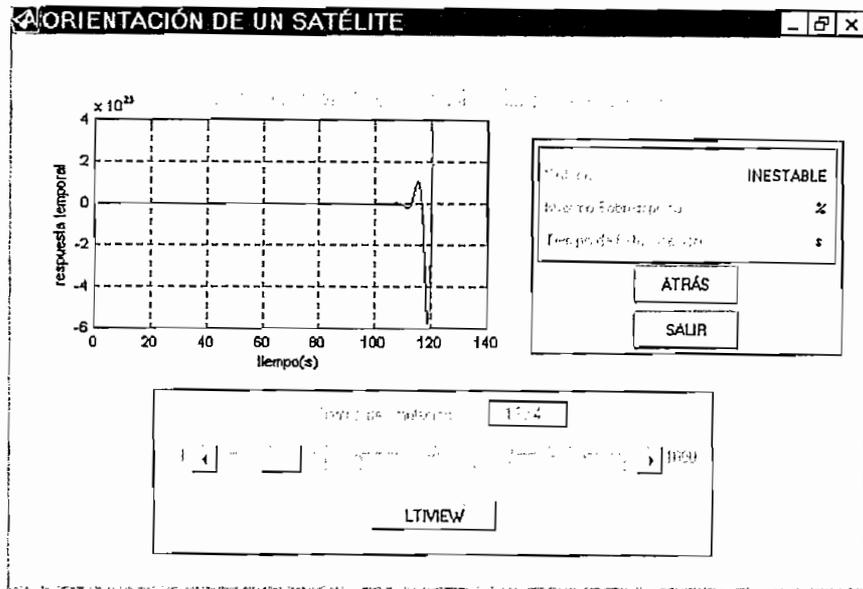
Y los polos de lazo cerrado están en:

$$s_{1,2} = -0.5935 \pm j0.8906$$

$$s_{3,4} = 0.3955 \pm j0.7982$$

En este caso se tiene que el polo $s = -25.25$ es mucho mayor que la parte real de los polos complejos conjugados, entonces este no tiene mayor influencia en la forma de la respuesta. Se tienen dos pares de polos conjugados cerca del eje $j\omega$, razón por la cual la respuesta es oscilatoria. Un par de polos están en el semiplano derecho, dando lugar a que la respuesta oscile con amplitud creciente. Esto se debe a que estos aparecen como términos exponenciales de la respuesta, con tiempo creciente en la solución temporal, por consiguiente el sistema es inestable, y se tiene una oscilación creciente, como se muestra en la pantalla 3.7.

Al cerrar el lazo tampoco se tiene estado transitorio ni estado estacionario (no hay punto de equilibrio) razón por la cual no se puede analizar la estabilidad relativa ni el error estacionario.



Pantalla 3.7. Respuesta al escalón unitario del sistema realimentado

3.1.1. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO MEDIANTE EL LUGAR GEOMÉTRICO DE LAS RAÍCES.

El método del lugar de las raíces (LGR) consiste en un procedimiento por el cual se trazan las raíces de la ecuación característica para todos los valores (desde cero a infinito) de ganancia de la función transferencia de lazo abierto.

Se cumple la condición de ángulo:

$$\angle(G(s)H(s)) = \pm 180^\circ(2k+1), \quad (k = 0,1,2,3,\dots)$$

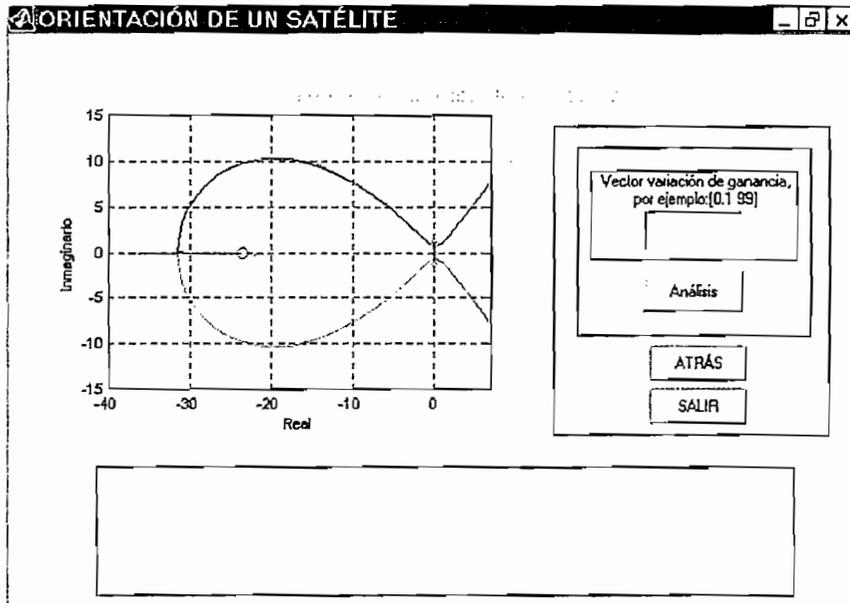
Y la condición de amplitud:

$$|G(s)H(s)| = 1$$

Los valores de s que cumplen las condiciones de ángulo y amplitud, son las raíces de la ecuación característica o polos de lazo cerrado.

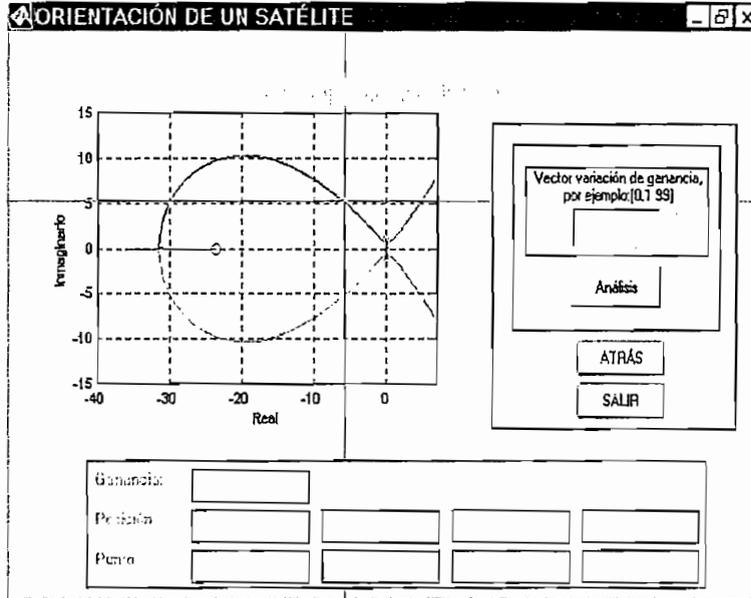
El diagrama de los puntos del plano complejo que satisfacen la condición de ángulo, es el lugar de las raíces.

Los puntos del plano complejo que satisfacen la condición modular para un determinado valor de k , constituyen el lugar de ganancia constante, y se obtiene de la condición modular. Aprovechando esta condición para el análisis del sistema se utiliza el comando `rlocfind` el mismo que reporta la ganancia del punto seleccionado y todos los otros puntos del lugar geométrico que tienen la misma ganancia.

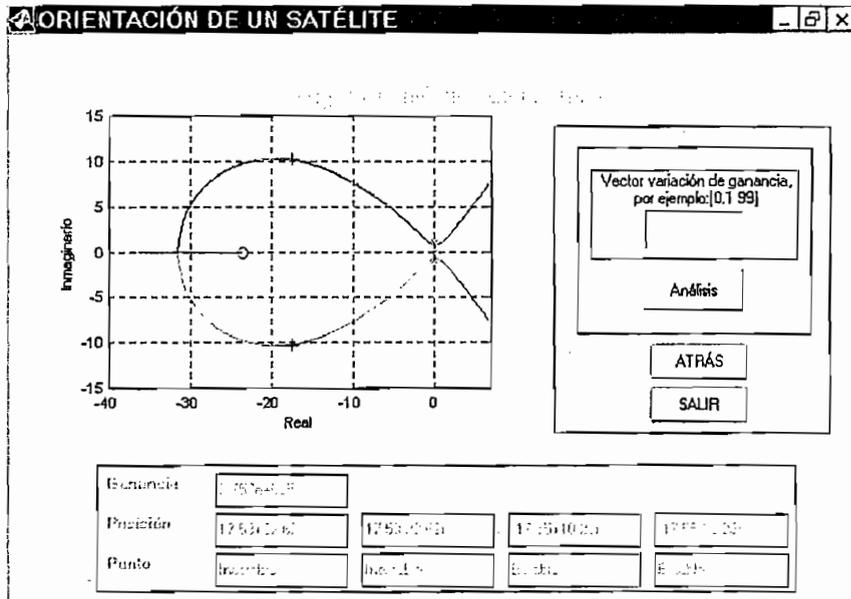


Pantalla 8. Análisis del sistema continuo en base al lugar geométrico de las raíces

La pantalla 3.8. muestra el LGR, mientras que las pantallas 3.9. y 3.10. permiten visualizar el análisis para un punto de prueba dado en el LGR.



Pantalla 3.9. Opción para seleccionar el punto de análisis



Pantalla 3.10. Presentación del análisis en el punto seleccionado

Al analizar la estabilidad utilizando el criterio de Routh Hurwitz se tiene:

$$1 + FTA = 0$$

$$s^2 [s^2 + 11(0.0036s + 0.0909)] + 0.036k(s + 25.25) = 0$$

$$s^4 + 0.0396s^3 + 0.9999s^2 + 0.036ks + 0.0909k = 0$$

s^4	1	0.9999	0.9090k
s^3	0.0396	0.036k	0
s^2	$0.9999 - 0.9090k$	$0.9090k$	
s^1	$\frac{-0.0327k^2}{0.9999 - 0.9090k}$		
s^0	$0.0909k$		

Se tiene que:

Todos los términos en la primera columna del conjunto tienen signo positivo.

El número de cambios de signo de los coeficientes en la primera columna del arreglo es 2, por tanto se tienen dos raíces con partes reales positivas, lo que indica que el sistema es inestable.

3.1.3. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO MEDIANTE LA RESPUESTA DE FRECUENCIA.

La respuesta de frecuencia es la respuesta en régimen permanente, de un sistema, ante una entrada sinusoidal.

La función de transferencia sinusoidal (función compleja de la frecuencia ω) es caracterizada por su módulo y ángulo de fase, con la frecuencia como parámetro. Se puede representar, por dos diagramas distintos; uno que da la amplitud en función de la frecuencia, y el otro el ángulo de fase en función de la frecuencia.

Un diagrama logarítmico o diagrama de Bode consta de dos trazados: uno el diagrama del logaritmo del módulo de una función transferencia sinusoidal; y el otro el diagrama del ángulo de fase. Ambos son representados en función de la frecuencia en escala logarítmica.

En la pantalla 3.11. se presenta la respuesta de frecuencia del sistema continuo no localizado, esto es, el diagrama de modulo y fase para el sistema en lazo abierto y el de modulo para el realimentado.

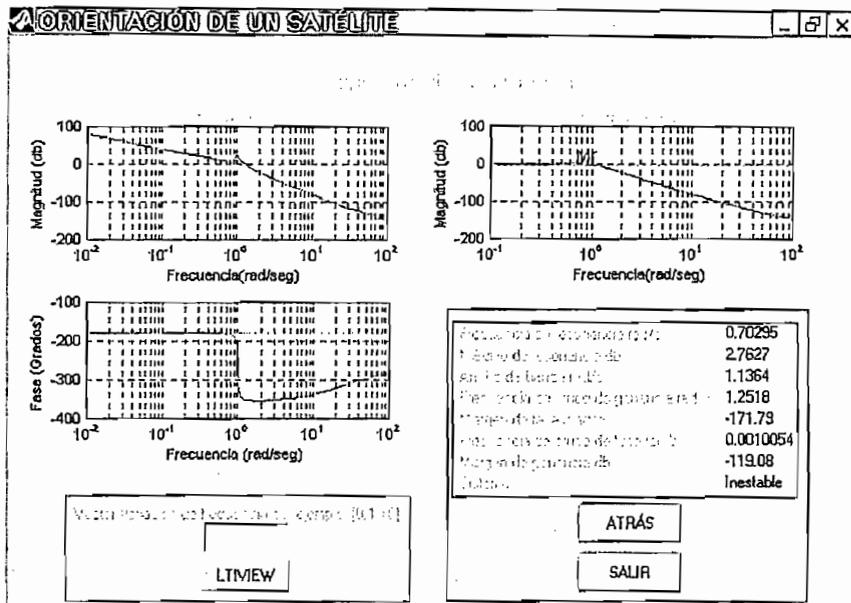
Al analizar el sistema en lazo abierto y al leer el reporte se tiene:

- El **margen de fase** que es la cantidad de retardo de fase adicional necesaria, a la frecuencia de cruce o de transición de ganancia, para que el sistema quede al borde de la inestabilidad, en este caso se tiene un valor de: $MG = -172.2981$ db
- La **frecuencia de cruce de ganancia** que es aquella frecuencia para la cual el valor absoluto de $G(j\omega)$ de la función transferencia en lazo abierto, es la unidad. Siendo el margen de fase 180° más el ángulo de fase de la función transferencia en lazo abierto a la frecuencia de cruce de ganancia. Se tiene un valor de: $\omega_1 = 1.2605$ rad/s
- La **frecuencia de cruce o de transición de fase** ω_1 , se define como la frecuencia a la cual el ángulo de fase de la función

transferencia en lazo abierto es igual a -180° , tiene un valor de:
 $\omega_\pi = 0.0010054 \text{ rad/s}$

- El **margen de ganancia** (indica en cuanto hay que reducir la ganancia para que el sistema se haga estable) que es la reciproca de $|G(j\omega)|$ a la frecuencia a la cual el ángulo de fase es -180° , y es $MG = -20 \log |G(j\omega_1)|$, en este caso se tiene un valor de: -119.0788 db .

Con se puede ver los márgenes tanto de fase como de ganancia son negativos, por tanto el sistema es inestable.



Pantalla 3.11. Respuesta de frecuencia del sistema continuo no localizado

Del sistema realimentado se tiene:

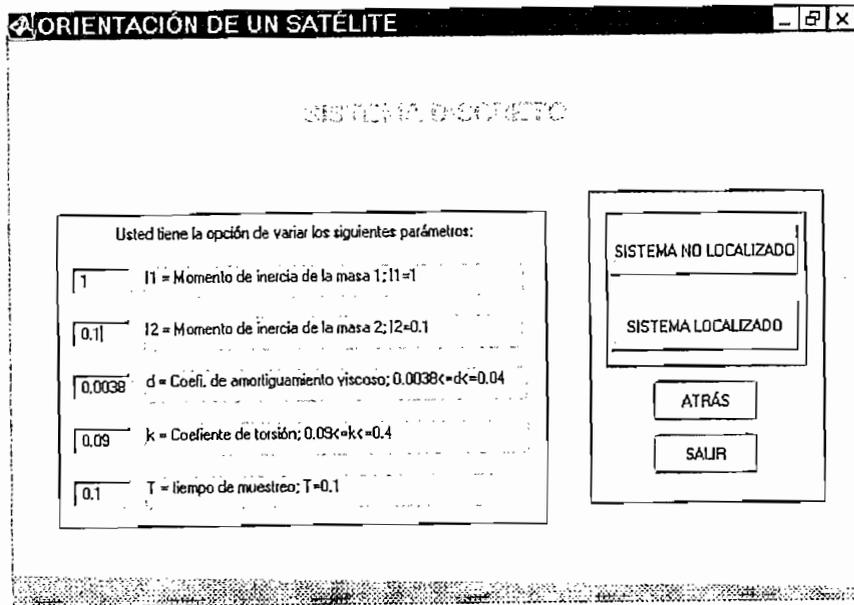
- La **frecuencia de resonancia** es aquella a la cual se da el valor pico de $|G(j\omega)|$, se tiene un valor de: $\omega_r = 0.700538 \text{ rad/s}$.
- El valor del **máximo de resonancia** que es el valor pico de $|G(j\omega)|$, se tiene un valor de: $M_r = 2.7949 \text{ db}$.

- El **ancho de banda** del sistema es el rango de frecuencias $0 \leq \omega \leq \omega_c$ (ω_c , frecuencia de corte, aquella a la cual el valor de la respuesta de frecuencia de lazo cerrado está 3 db por debajo de su valor a frecuencia cero) en el cual el valor del lazo cerrado no cae por debajo de -3 db. Tiene un valor de: $AB = 1.1364$ rad/s.

El pico de resonancia se produce porque existen dos polos de lazo abierto cercanos al eje $j\omega$.

3.2. SISTEMA DISCRETO

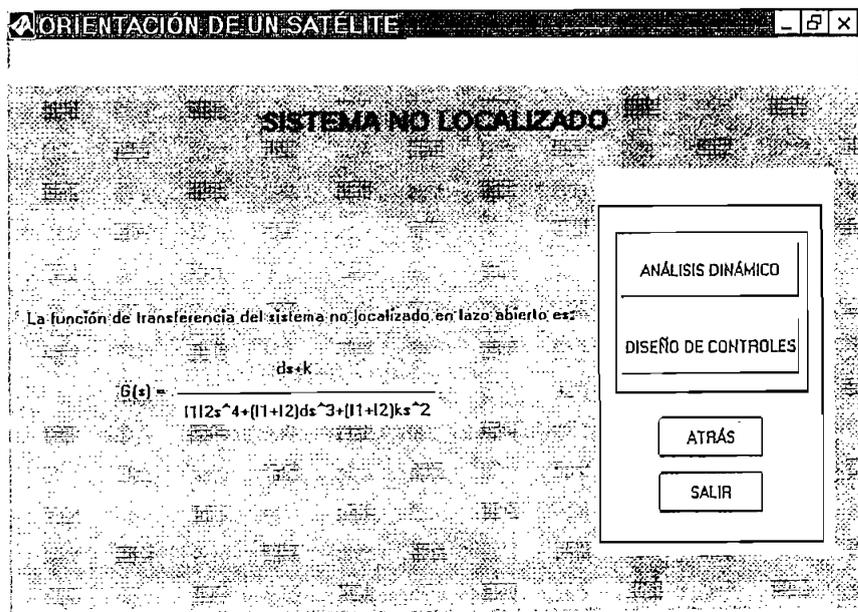
Cuando se ingresa a la pantalla 3.12 del sistema discreto, se tiene la posibilidad de variar los parámetros de la planta continua y el tiempo de muestreo, ya que el análisis para este sistema se lo realiza utilizando la técnica ZOH.



Pantalla 3.12. Presentación de parámetros del modelo discreto

Al igual que en el caso continuo, para el caso del modelo discreto también se analiza el comportamiento dinámico del sistema localizado y del no localizado mediante la respuesta temporal, la respuesta de frecuencia; y, el lugar geométrico de las raíces.

En la pantalla 3.13. se tiene al sistema no localizado con su función de transferencia, y en la pantalla 3.14 se presentan las opciones de análisis dinámico. Como el procedimiento para el sistema localizado es el mismo que para el no localizado no se presentan sus pantallas.



Pantalla 3.13. Presentación del sistema discreto no localizado

3.2.1. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO EN BASE A LA RESPUESTA TEMPORAL.

Para el análisis del comportamiento dinámico del sistema discreto también se considera que sistema está sometido a perturbaciones

un determinado.

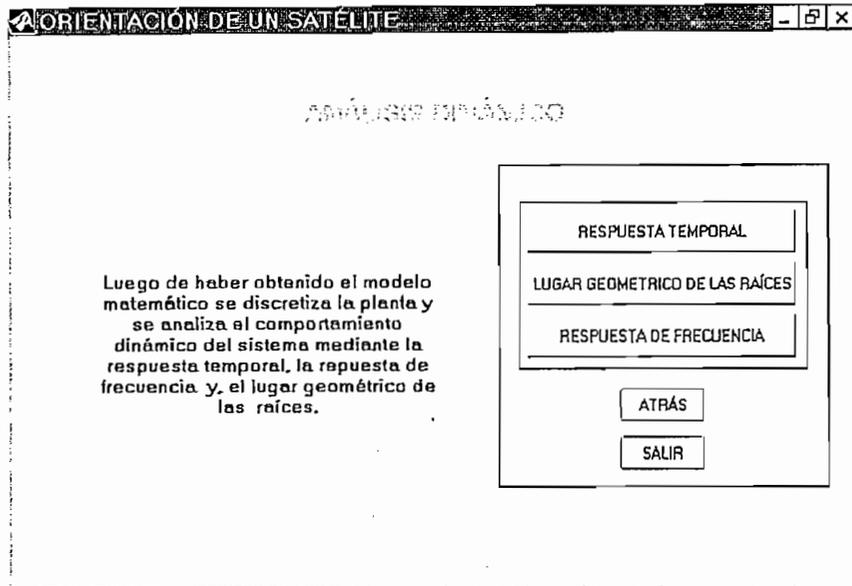
3.2.1.1. Sistema discreto en lazo abierto

La función de transferencia de lazo abierto:

$$FTA = \frac{9.77e^{-6}z^3 + 5.95e^{-5}z^2 + 2.358e^{-5}z - 2.205e^{-6}}{z^4 - 3.986z^3 + 5.968z^2 - 3.978z + 0.996}$$

Los polos son:

bruscas y se usa como señal de entrada de prueba una función escalón.



Pantalla 3.14. Opciones para el análisis dinámico del modelo discreto no localizado

Para la simulación se presentan en la pantalla 3.15, las opciones de respuesta a la entrada escalón unitario del sistema en lazo abierto y del realimentado.

3.2.1.1. Sistema discreto en lazo abierto

La función de transferencia de lazo abierto:

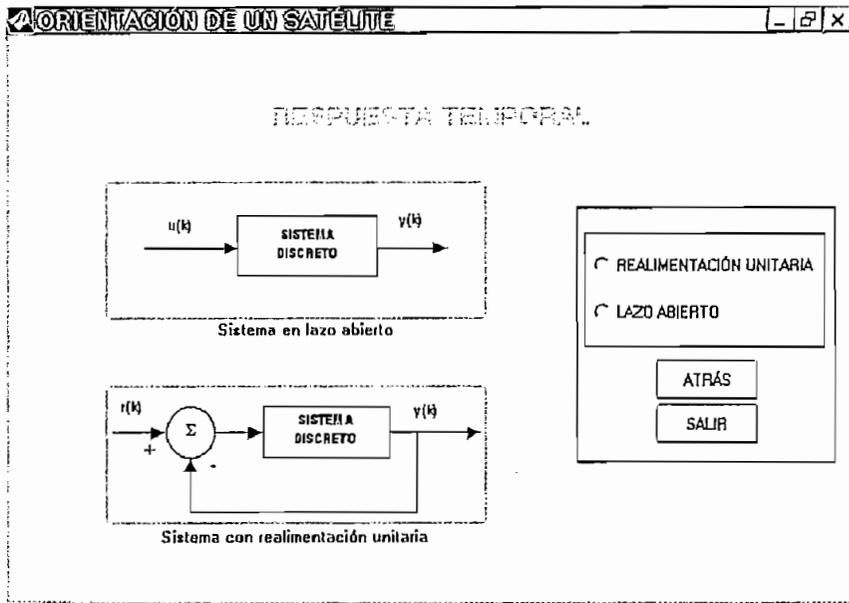
$$FTA = \frac{9.77e^{-6}z^3 + 5.95e^{-5}z^2 + 2.358e^{-5}z - 2.205e^{-6}}{z^4 - 3.986z^3 + 5.968z^2 - 3.978z + 0.996}$$

Los polos son:

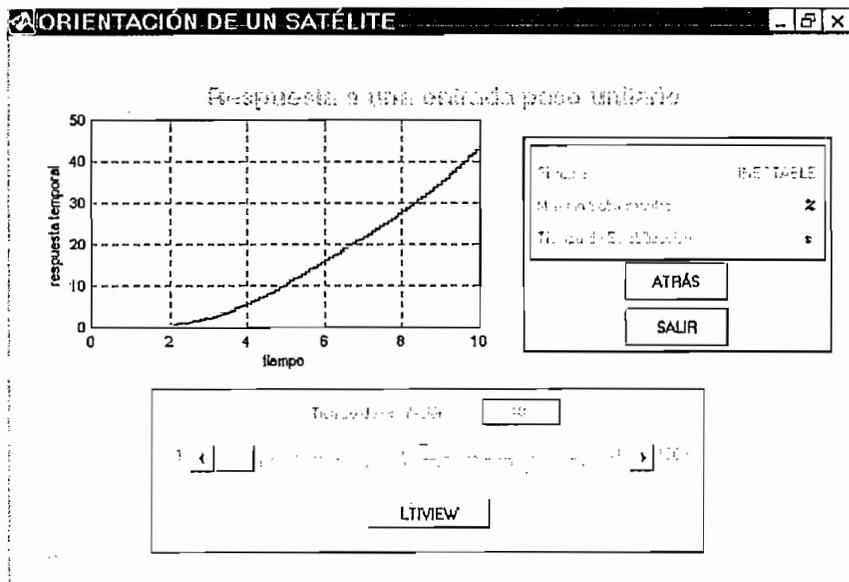
$$z_{1,2} = 1$$

$$z_{3,4} = 0.9930 \pm j0.0998$$

Como se puede ver existen dos polos sobre el círculo unitario, por lo que el sistema es inestable.



Pantalla 3.15. Opciones para el análisis del modelo discreto en base a la respuesta temporal



Pantalla 3.16. Respuesta al escalón unitario del sistema discreto en lazo abierto

Al presionar el botón LTI VIEW de la pantalla se presenta la respuesta que brinda el MATLAB.

3.2.1.2. Sistema con realimentación unitaria

La función de lazo cerrado con realimentación unitaria está dada por:

$$FTC = \frac{FTA}{1+FTA}$$

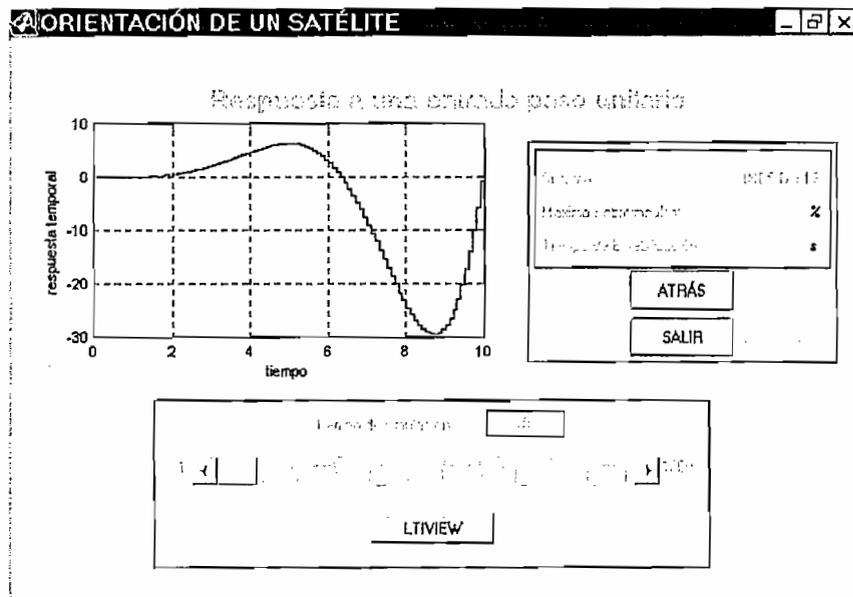
Los polos de lazo cerrado son:

$$z_{1,2} = 0.9973 \pm j0.1346$$

$$z_3 = 1.0859$$

$$z_4 = 0.9054$$

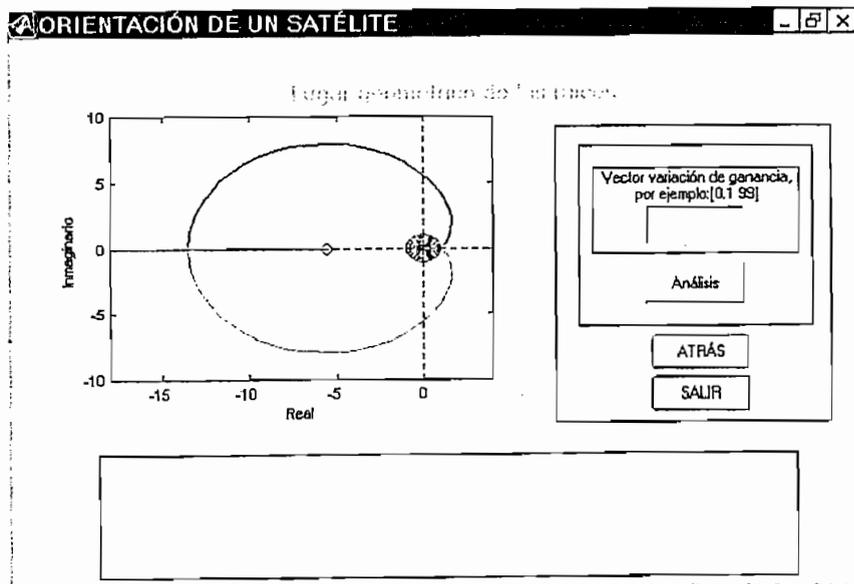
En el caso realimentado se tiene que el polo z_3 cae fuera del círculo unitario por tanto el sistema es inestable. Como se puede observar en la pantalla 3.17.



Pantalla 3.17. Respuesta al escalón unitario del sistema discreto realimentado

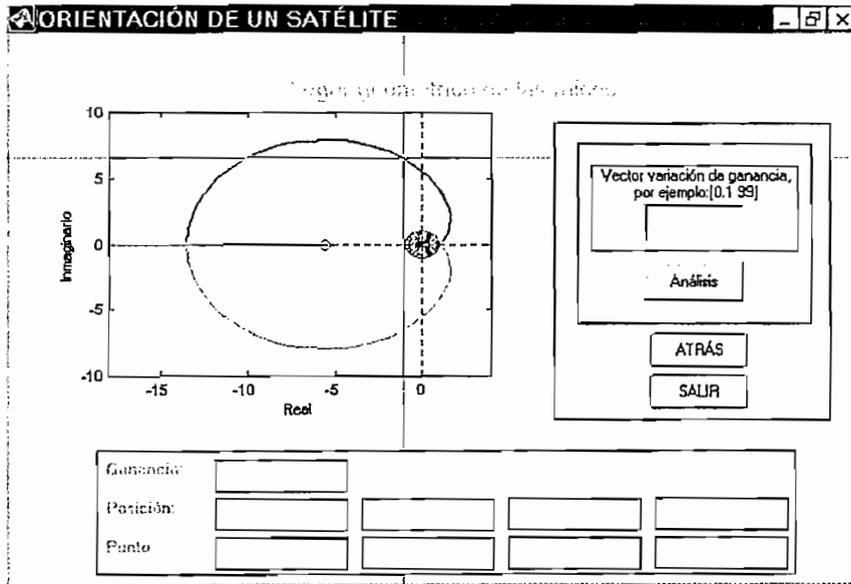
3.2.2. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO MEDIANTE EL LUGAR GEOMÉTRICO DE LAS RAÍCES.

Para el análisis del comportamiento dinámico del sistema discreto mediante el lugar geométrico de las raíces es necesario tener en la respectiva pantalla el círculo unitario situación que se logra con el comando zgrid.

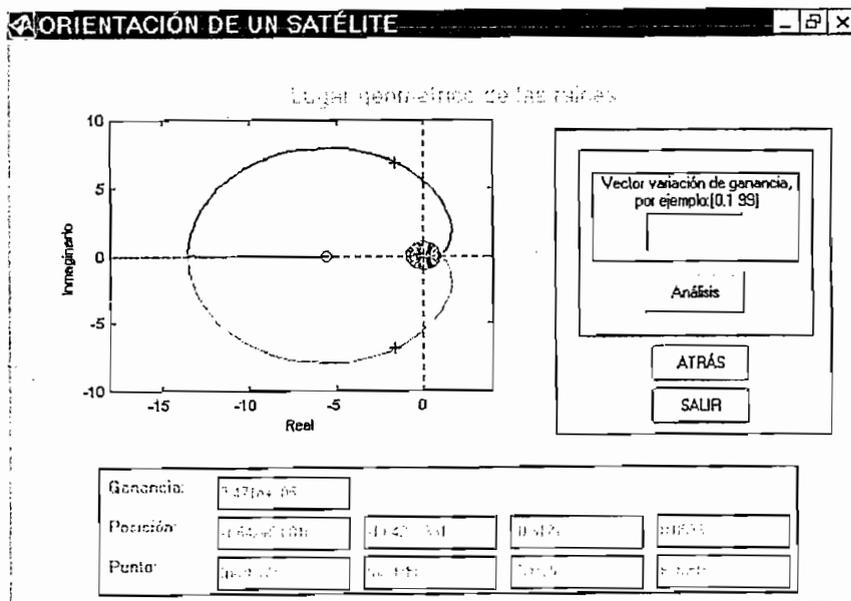


Pantalla 3.18. Análisis del sistema discreto en base al lugar geométrico de las raíces

El análisis es similar que en el caso continuo. Las pantallas 3.18, 3.19 y 3.20 describen dicho análisis.



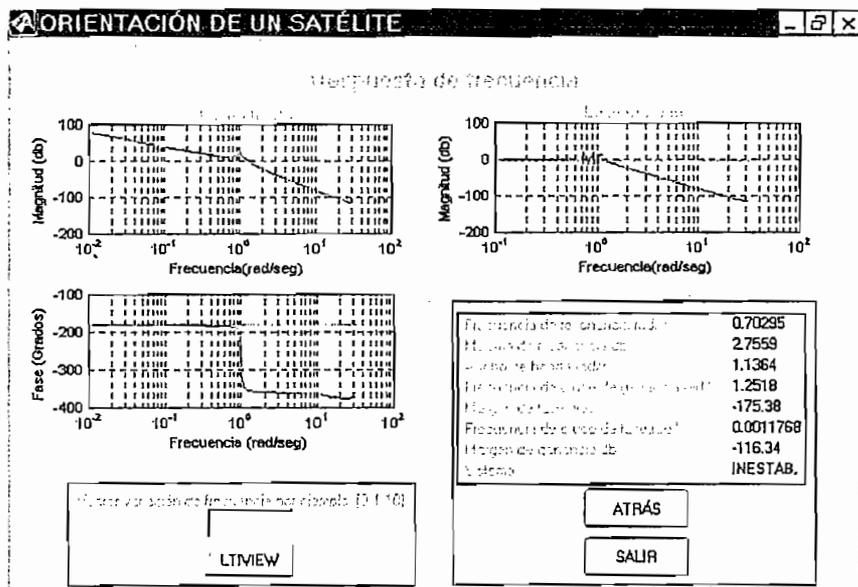
Pantalla 3.19. Opción para seleccionar el punto de análisis



Pantalla 3.20. Presentación del análisis en el punto seleccionado

3.2.3. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO MEDIANTE LA RESPUESTA DE FRECUENCIA.

La pantalla 3.21 muestra las respuestas de frecuencia del sistema discreto no localizado en lazo cerrado (diagramas de bode de magnitud y fase) y con realimentación unitaria (diagrama de bode de magnitud).



Pantalla 3.21. Respuesta de frecuencia del sistema discreto

En donde se tiene:

$$MF = -175.38^\circ$$

$$MG = -116.34 \text{ db}$$

$$M_r = 2.7559 \text{ db}$$

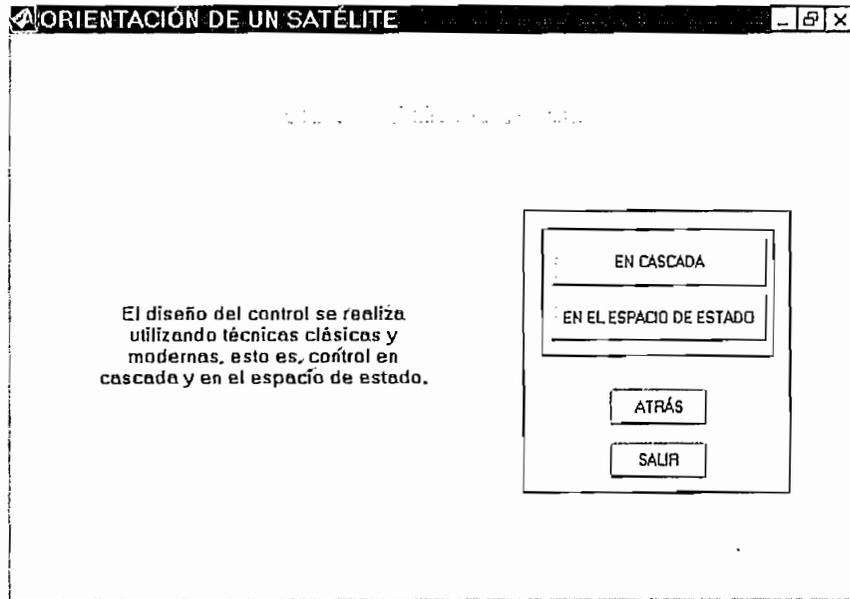
$$AB = 1.1364 \text{ rad/s.}$$

CAPITULO IV

DISEÑO DEL CONTROL

4.1. SISTEMA CONTINUO

El diseño del control para el sistema continuo se realiza utilizando técnicas clásicas y modernas, esto es, control en cascada y control en el espacio de estado.



Pantalla 4.1. Opciones de control para la planta continua

En la pantalla 4.1. se elige las opciones de control.

4.1.1. CONTROL EN CASCADA

Para el diseño de control clásico se utiliza un sistema de control en lazo cerrado.

Para comprender las ventajas que presenta un sistema realimentado se analizan los sistemas en lazo abierto y realimentado representados en las figuras 4.1 y 4.2.

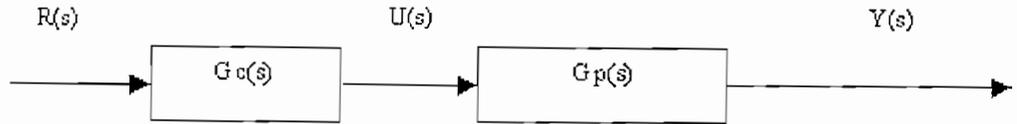


Fig. 4.1. Sistema de control en lazo abierto

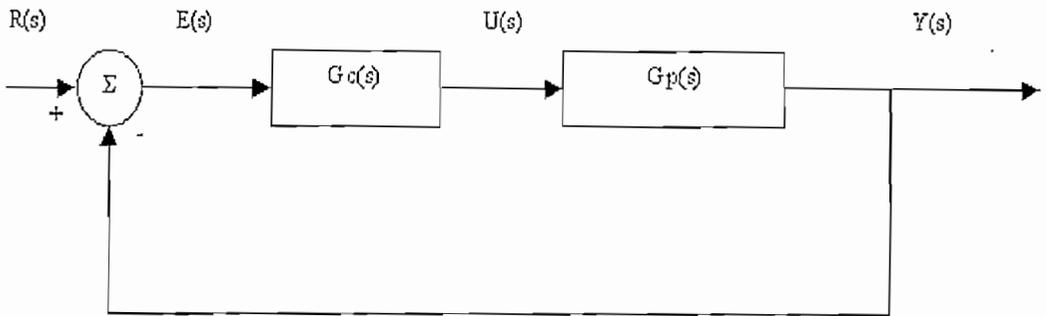


Fig. 4.2. Sistema de control realimentado

Las salidas para los dos sistemas se presentan a continuación:

$$Y(s) = G_c(s)G_p(s)R(s)$$

$$Y(s) = \frac{G_c(s)G_p(s)}{1 + G_c(s)G_p(s)} R(s)$$

Y se puede ver claramente que cualquier cambio en la planta o en el control para el sistema en lazo abierto provocará errores proporcionales en la salida, en tanto que en el caso realimentado se atenúa si $|G_c(s)G_p(s)|$ se hace mucho mayor que la unidad (la salida independiente de G_c o G_p).

se hace $|G_c(s)G_p(s)|$ muy grande, la respuesta a la perturbación se puede reducir.

Por tanto al utilizar realimentación se reduce la sensibilidad a la variación de parámetros en la planta o en el compensador, se facilita el rechazo a perturbaciones, se estabiliza el sistema, acelera la respuesta transitoria, y se mejora las características del estado estacionario.

Pero existe una desventaja debido a que los sistemas realimentados agregan una fuente de error que no está presente en los sistemas de lazo abierto. Esto es el efecto del ruido del sensor V sobre la salida, que es

$$Y(s) = \frac{G_c(s)G_p(s)}{1 + G_c(s)G_p(s)} [R(s) - V(s)]$$

Se puede ver que el ruido del sensor aparece en la salida del sistema a través de la misma función de transferencia de la señal de entrada dando como resultado que no es posible atenuar el efecto del ruido sin dañar la capacidad de controlar el sistema. Por lo que es importante utilizar sensores con ruido aceptablemente bajo en la gama de frecuencias a controlar, o sea, en la gama de frecuencia donde y va a realizar un rastreo de r .

4.1.1.1. Especificaciones de funcionamiento

De la referencia 1 se tiene que los valores de d y K varían como resultado de las fluctuaciones de temperatura, pero que están limitadas por:

$$0.09 \leq K \leq 0.4,$$

$$0.04\sqrt{\frac{K}{10}} \leq d \leq 0.2\sqrt{\frac{K}{10}}.$$

Del sistema en estudio que es:

$$G_p(s) = \frac{\frac{ds}{I_1 I_2} + \frac{K}{I_1 I_2}}{s^2 \left[s^2 + \frac{(I_1 + I_2)}{I_1 I_2} ds + \frac{(I_1 + I_2) K}{I_1 I_2} \right]}$$

Se hallan las especificaciones del vehículo, a continuación.

Siendo $I_1 = 1$ e $I_2 = 0.1$, se tiene que:

❖ la frecuencia natural sin amortiguamiento varía entre:

$$0.9950 \leq \omega_n \leq 2.0976$$

❖ y la relación de amortiguamiento entre:

$$0.0210 \leq \xi \leq 0.1049$$

Para los diseños de control se trabaja con los valores del límite inferior, esto es, con $k=0.09$ y $d=0.0038$ que dan $\omega_n=0.9950$ y $\xi=0.0210$, ya que de esta manera se garantiza que ningún valor de los parámetros del intervalo de variación haga que las especificaciones de diseño no se cumplan.

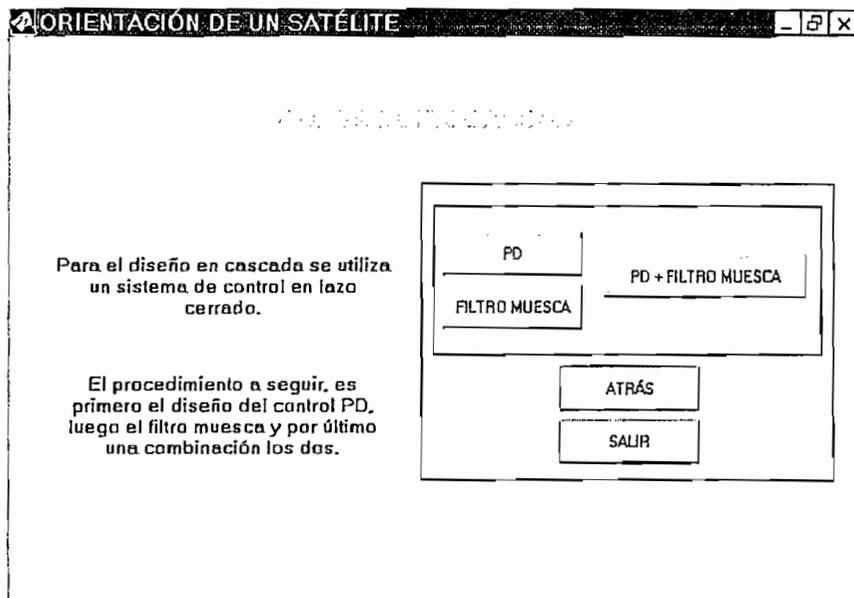
Posteriormente se calcula el error en estado estable del sistema asumiendo que la señal de entrada es un escalón unitario ($R(s)=1/s$):

$$e_\omega = \lim_{s \rightarrow 0} sR(s) \left(1 - \frac{G_p(s)}{1 + G_p(s)} \right)$$

$$e_{\infty} = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{s} \left(\frac{1}{1 + G_p(s)} \right) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{1 + \frac{\frac{ds}{I_1 I_2} + \frac{K}{I_1 I_2}}{s^2 \left[s^2 + \frac{(I_1 + I_2)}{I_1 I_2} ds + \frac{(I_1 + I_2) K}{I_1 I_2} \right]}}$$

$$e_{\infty} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s^2 \left[s^2 + \frac{(I_1 + I_2)}{I_1 I_2} ds + \frac{(I_1 + I_2) K}{I_1 I_2} \right]}{s^2 \left[s^2 + \frac{(I_1 + I_2)}{I_1 I_2} ds + \frac{(I_1 + I_2) K}{I_1 I_2} \right] + \frac{ds}{I_1 I_2} + \frac{K}{I_1 I_2}} = 0$$

Se tiene entonces que este sistema no tiene error en estado estacionario, en realidad el sistema es de tipo 2.



Pantalla 4.2. Opciones del control en cascada

Para el diseño del control en cascada se tiene tres etapas: el control PD, el filtro muesca y el control PD más el filtro muesca.

Las opciones que permiten visualizar los diseños se muestran en la pantalla 4.2.

4.1.1.2. Control PD

Antes de desarrollar el control para este caso, se hace referencia a las acciones de control:

- **Acción proporcional**

Se da cuando la señal realimentada de control es proporcional al error presente en la salida.

La forma general del controlador proporcional es

$$u(t) = K_p e(t)$$

El control tiene la función de transferencia:

$$G_c(s) = K_p$$

Hay un límite superior en la ganancia de realimentación para lograr una respuesta amortiguada estable. Incrementa la rapidez con que se lleva el error a cero y en algunos casos es esencial para la eliminación del error.

- **Acción integral**

La acción integral tiene la forma

$$u(t) = \frac{K_p}{T_i} \int_{t_0}^t e(t) dt$$

El controlador tiene la función de transferencia

$$G_c(s) = \frac{K_p}{T_i s}$$

Donde T_i es el tiempo integral y $1/T_i$ es la velocidad de restablecimiento.

Proporciona un valor finito de u sin señal de error de entrada e , porque u es una función de los valores pasados de e . Las perturbaciones se pueden acomodar con error cero porque no es necesario que e sea finito para producir un control que cancele la perturbación.

Reduce o elimina los errores de estado estacionario, y proporciona robustez con respecto a la variación de parámetros, a costa de una estabilidad reducida.

- **Acción derivativa**

Tiene la forma:

$$u(t) = K_p T_D \dot{e}(t)$$

El control tiene la función de transferencia

$$G_c(s) = K_p T_D s$$

Donde T_D es el tiempo derivativo

Se utiliza generalmente con la realimentación proporcional y/o integral para aumentar el amortiguamiento y para incrementar la estabilidad de un sistema. La realimentación diferencial por si misma no lleva el error a cero.

La combinación de estos tres tipos de realimentación se utiliza para una reducción del error, y simultáneamente, estabilidad y amortiguamiento aceptables. Los ajustes se basan en que: K_p y $1/T_i$ crecientes reducen los errores del sistema, $1/T_i$ creciente reduce la estabilidad y T_D creciente mejora la estabilidad

- **Diseño del control PD**

Es necesario recordar del capítulo anterior que el sistema tiene un par de polos conjugados cerca del eje imaginario, razón por la cual tiene un pico resonante. Pero para comenzar con el diseño del control se ignora esta resonancia y se plantea el diseño para el modelo cuya función de transferencia es $1/s^2$ esto es considerando al satélite como un cuerpo rígido.

Debido a que como se vio anteriormente el sistema no tiene error de estado estacionario pero sí error en estado transitorio, no es necesario un control integral y se utiliza un control proporcional más derivativo.

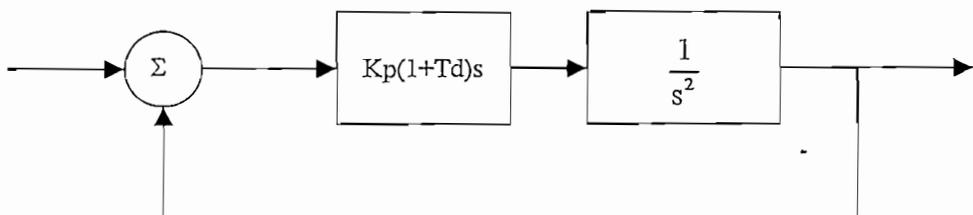


Fig. 4.5. Sistema de control con PD

En la figura 4.5. se presenta el sistema de control utilizado para este diseño.

La función de transferencia del sistema es:

$$G_s(s) = \frac{\frac{K_p(1 + Tds)}{s^2}}{1 + \frac{K_p(1 + Tds)}{s^2}} = \frac{K_p + K_p Tds}{s^2 + K_p Tds + K_p}$$

Al escribir el numerador en función de ω_n y ξ , se tiene:

$$s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2 = s^2 + K_p Tds + K_p$$

Si se considera que el objetivo de la respuesta es:

$$\omega_n = 0.7 \text{ rad/s y } \xi = 0.5.$$

Reemplazando se tiene que:

$$2\xi\omega_n s = 2 * 0.7 * 0.5 = 0.7$$

$$K_p T = 0.7$$

$$\omega_n^2 = 0.7^2 = 0.49$$

Donde

$$K_p = 0.49 \text{ y } Td = 1.4286$$

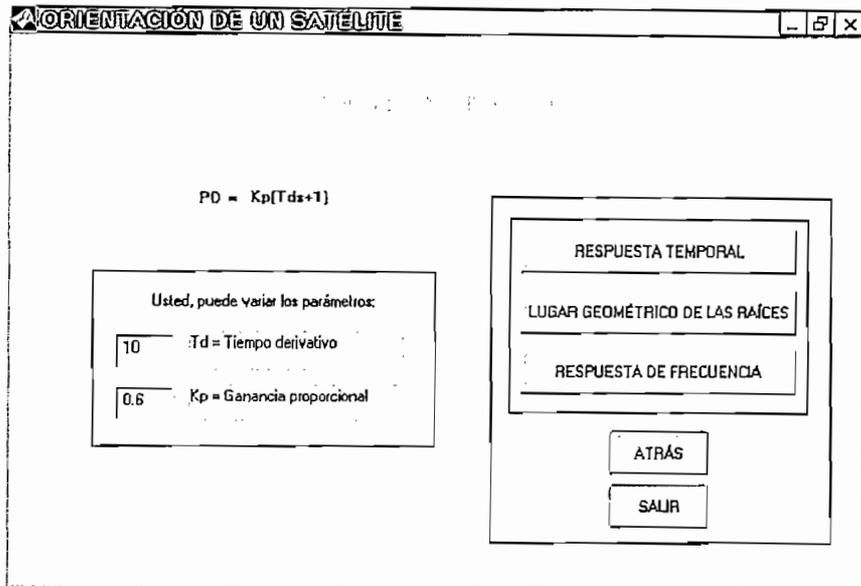
El control PD es entonces:

$$G_c(s) = 0.49(1 + 1.4286s)$$

Haciendo un ajuste de parámetros se llega a:

$$G_c(s) = 0.6(1+10s)$$

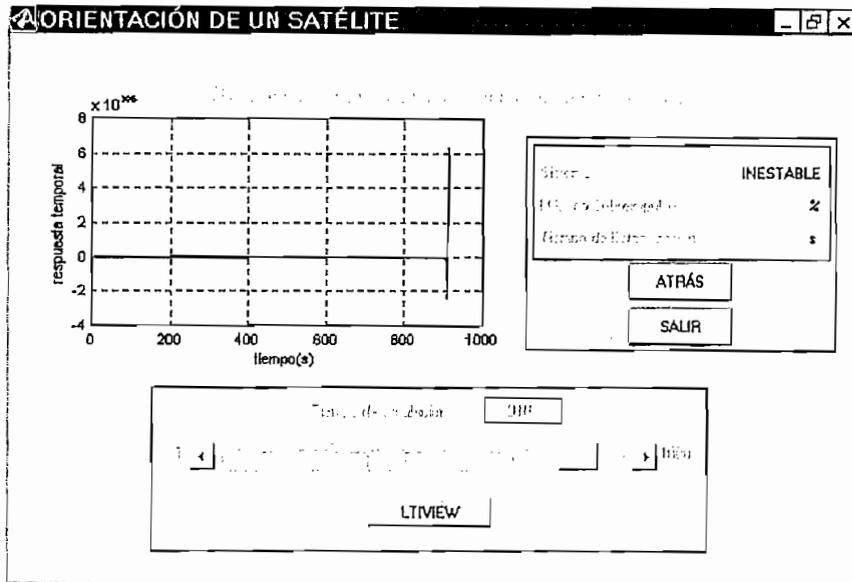
En la pantalla 4.3 se presenta el control PD con las opciones de cambiar los parámetros y de observar las respuestas del sistema realimentado.



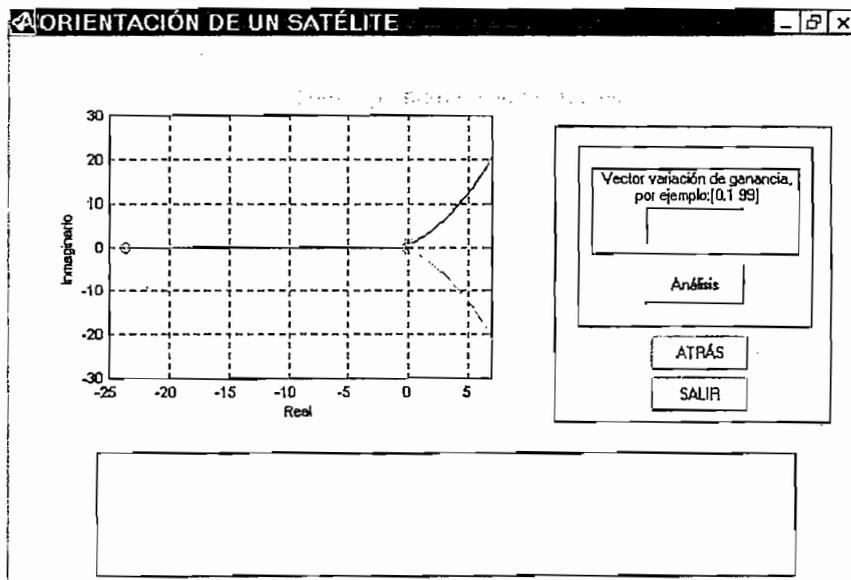
Pantalla 4.3. Presentación del control PD

A continuación se presentan: la respuesta temporal y el lugar geométrico de las raíces en las pantallas 4.4. y 4.5.

Al agregar el compensador se tiene que el sistema sigue siendo inestable, esto es debido a los polos de la planta que provocan la resonancia que no se cancelan. Debido a esta situación es preciso agregar un filtro muesca o rechaza banda para superar el inconveniente de la resonancia y estabilizar al sistema.



Pantalla 4.4. Respuesta temporal del control PD



Pantalla 4.5. Lugar geométrico de las raíces del control PD

4.1.1.3. Filtro muesca

El filtro muesca que se utiliza es un rechaza banda también conocido como Filtro elemental de segundo orden con un cero de transmisión.

En la figura 4.6. se presenta el circuito en el que se emplea un amplificador operacional, un cuadripolo en doble T a la entrada y un cuadripolo en T para la realimentación.

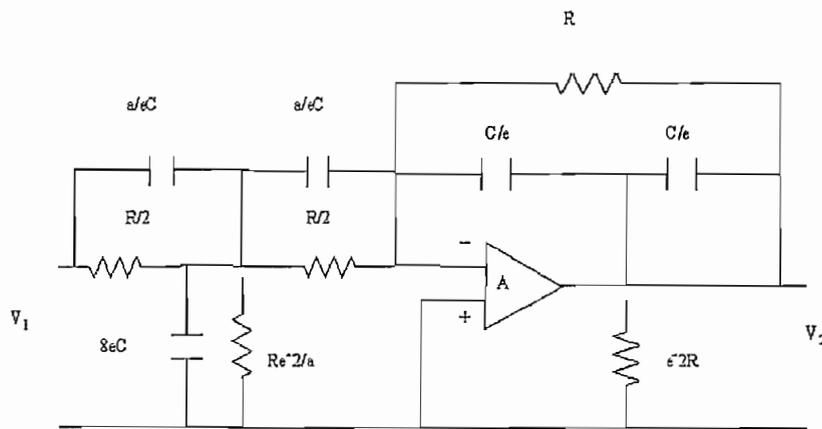


Fig. 4.6. Filtro muesca

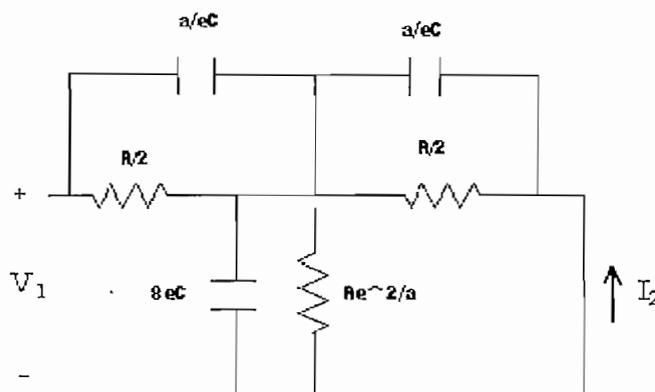


Fig. 4.7. Cuadripolo en doble T de la entrada para la obtención de la función de transferencia de la admitancia

Para encontrar la función de transferencia del filtro se calculan las admitancias de cortocircuito de los cuadripolos (redes de dos puertos).

La admitancia en cortocircuito se define como la relación de I_2 corriente de cortocircuito a V_1 voltaje de entrada. En la figura 4.7. se presenta el circuito empleado para obtener la función de transferencia en este caso, que es:

$$Y_{21a} = \left. \frac{I_2}{V_1} \right|_{V_2=0} = -\frac{1 + aR^2C^2s^2}{R(1 + 2eRCs)}$$

Para obtener la función de transferencia de la admitancia de cortocircuito de la salida se trabaja con un circuito similar al de la figura 4.7. y se llega a que es

$$Y_{21b} = \left. \frac{I'_2}{V'_1} \right|_{V'_2=0} = \frac{1 + 2eRCs + R^2C^2s^2}{R(1 + 2eRCs)}$$

Obtenidas las admitancias se tiene que la función de transferencia del filtro es:

$$\text{Filtro}(s) = -\frac{Z_{21b}}{Z_{21a}} = -\frac{Y_{21a}}{Y_{21b}} = \frac{1 + aR^2C^2s^2}{1 + 2eRCs + R^2C^2s^2}$$

En este filtro la frecuencia de rechazo ^[3] es:

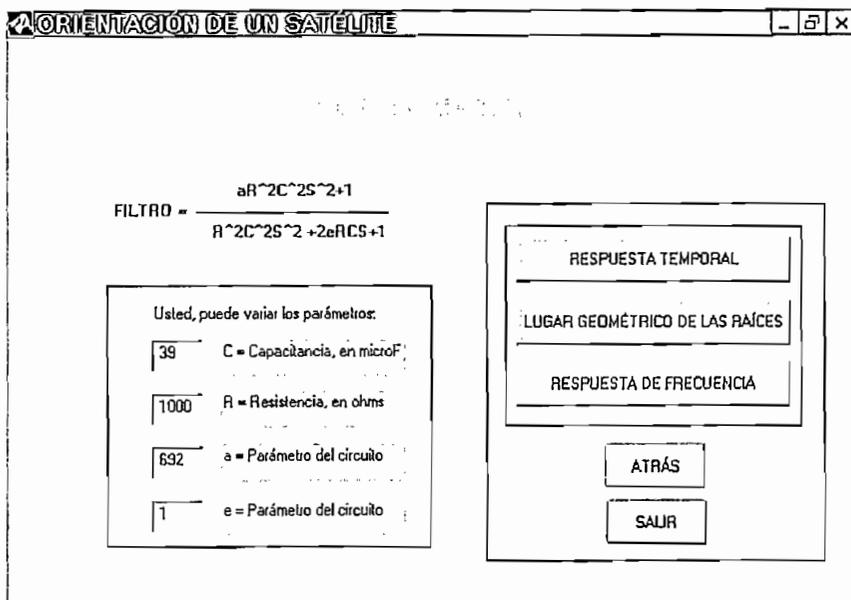
$$\omega = \frac{1}{\sqrt{aRC}}$$

^[3] BILDSTEIN PAUL, Filtros activos, Segunda edición, Editorial Paraninfo

El filtro se diseña con la finalidad de obtener un par de ceros que cancelen los polos que ocasionan el máximo de resonancia y que además proporcionen al sistema de control polos lo más alejados del eje imaginario.

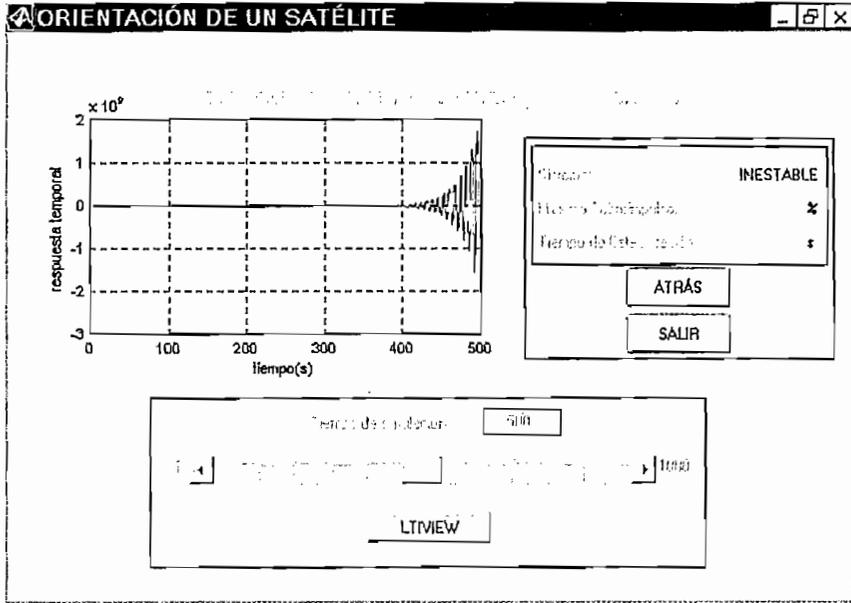
Para calcular R y C se utiliza el denominador de la función de transferencia, eligiendo $e = 1$ para simplificar el proceso, pues queda un polinomio fácilmente factorable. A continuación se elige el valor de RC de tal manera que los polos resulten estar a la izquierda del cero de la planta, esto es mayor que 23.6842. El valor que se toma es 25.

El paso siguiente es elegir a, para lo que se trabaja con el numerador del sistema. Se ensaya algunos valores de a que permitan obtener unos ceros lo más cercanos posible a los polos de la planta que ocasionan el pico de resonancia y se llega a que, a debe ser igual 692.

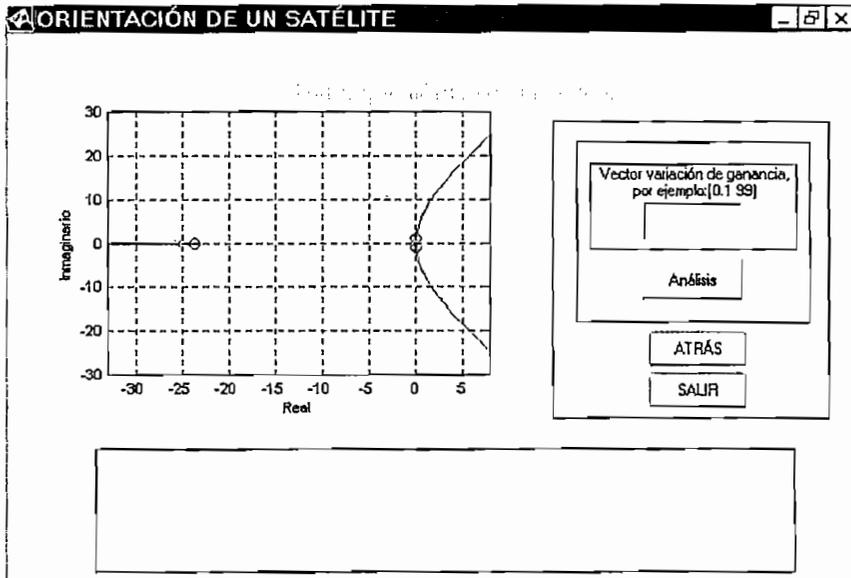


Pantalla 4.6. Opciones del filtro muesca

El último paso es elegir R y C de modo que $1/RC$ sea 25 y los valores que satisfacen este requerimiento son $R = 1K\Omega$ y $C = 39\mu F$ que son valores comerciales.



Pantalla 4.7. Respuesta temporal del sistema continuo con el filtro muesca



Pantalla 4.8. Lugar geométrico de las raíces del sistema continuo con el filtro muesca

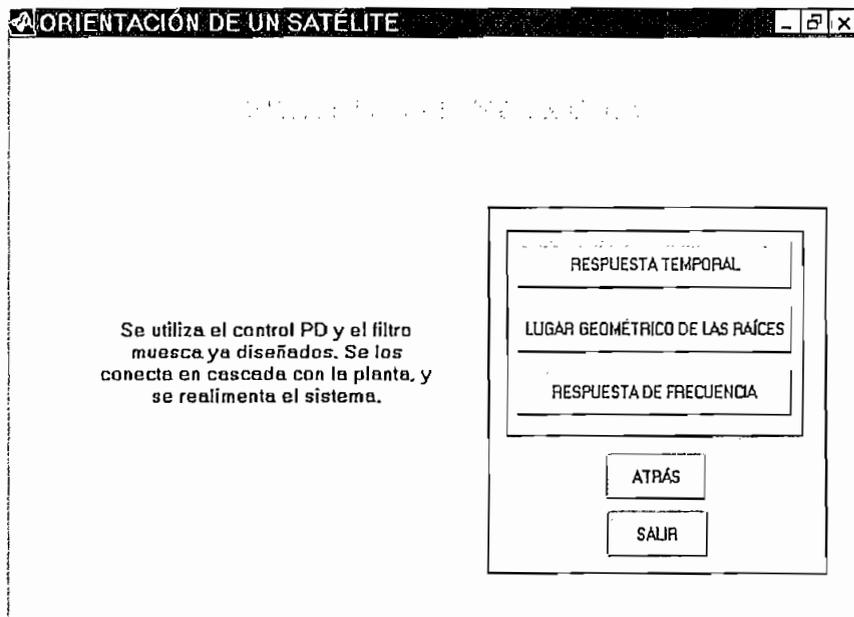
En la pantalla 4.6. se presenta los valores del diseño calculados con la opción de cambiarlos y de analizar el sistema solo con el filtro muesca.

En las pantallas 4.7. y 4.8 se presentan las respuestas del sistema compensado con el filtro muesca.

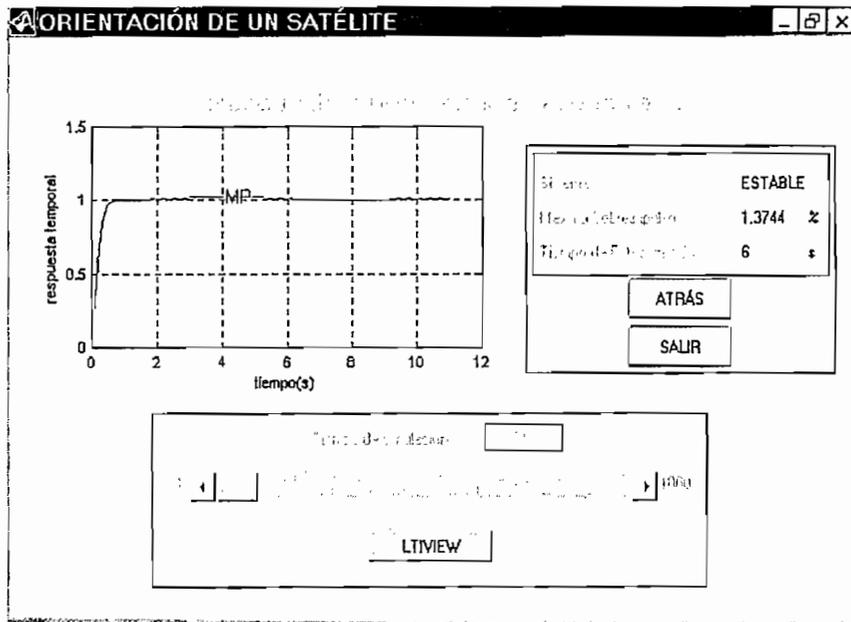
Como se puede observar el sistema sigue siendo inestable.

4.1.1.4. Control PD más filtro muesca

Con la finalidad de estabilizar el sistema se analizan detenidamente los lugares geométricos de la planta, de la planta con el control PD y de la planta con el filtro muesca. De donde se tiene que si el cero que introduce el control PD en el sistema, se lo coloca en el lugar



Pantalla 4.9. Presentación del sistema continuo con el control PD más muesca



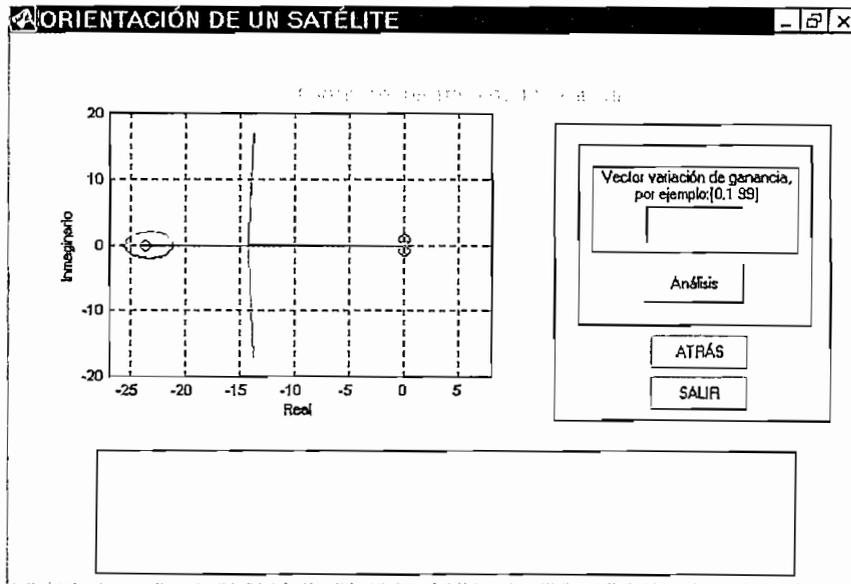
Pantalla 4.10. Respuesta temporal del sistema continuo compensado

geométrico de la planta con el filtro muesca se logra estabilizar el sistema y es por esta razón que se coloca en cascada el control PD, el filtro muesca y la planta para obtener el sistema compensado con realimentación unitaria.

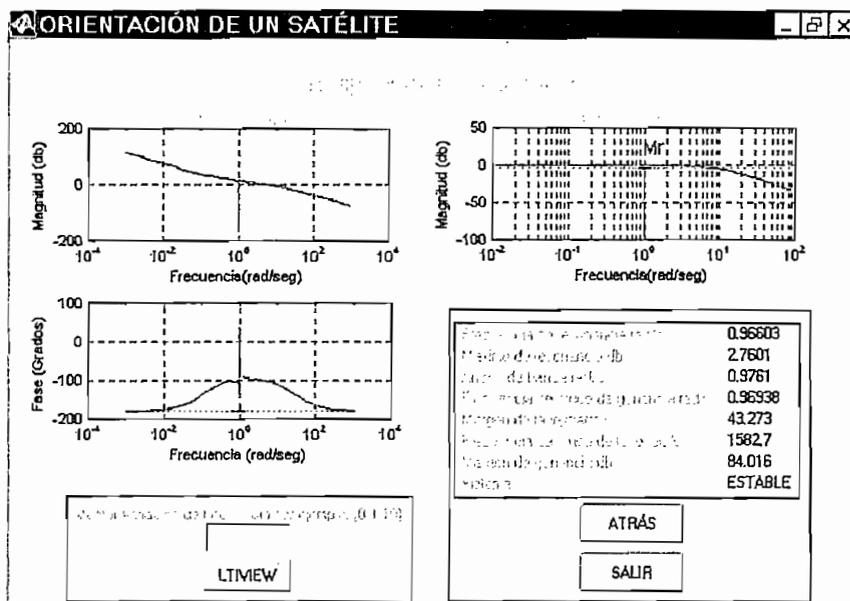
En la pantalla 4.9. se presentan las opciones análisis para el sistema continuo con el control PD más el filtro muesca.

En las pantallas 4.10, 4.11 y 4.12 se presentan las respuestas del sistema compensado.

Al analizar las respuestas del sistema compensado se tiene que el diseño es satisfactorio pues tiene: un máximo sobrepico de 1.3744 %, un tiempo de estabilización de 6 s y márgenes de fase de 43.27° y de ganancia de 84.016 db, que son positivos.



Pantalla 4.11. Lugar geométrico de las raíces del sistema continuo compensado

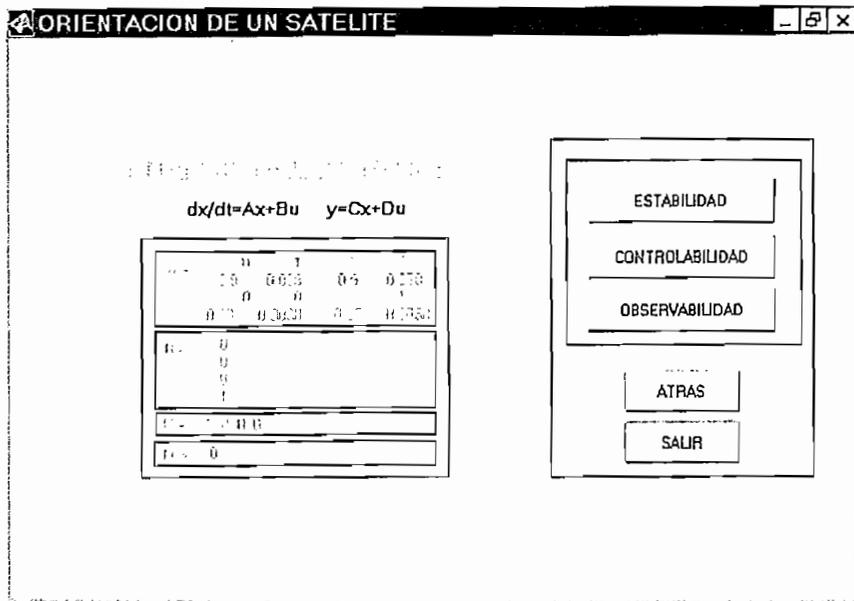


Pantalla 4.12. Respuesta de frecuencia del sistema continuo compensado

4.1.2. CONTROL EN EL ESPACIO DE ESTADO

El control en el espacio de estado utiliza el modelo del sistema a variables de estado, y al igual que en el control clásico se encuentra un compensador que satisfaga las especificaciones de diseño.

El método de diseño en el espacio de estado, consta de pasos independientes. Un paso supone que se tienen todos los elementos del vector de estado a disposición para propósitos de realimentación, dándose lugar a la realimentación de estado. El siguiente paso es diseñar un estimador, el cual calcula el vector de estado total cuando se le proporcionan las mediciones del sistema indicadas por la salida. El paso final consiste en combinar la realimentación de estado con el estimador, donde los cálculos de la realimentación están basados en estados estimados en vez de estados reales, este procedimiento proporciona la dinámica de lazo cerrado.



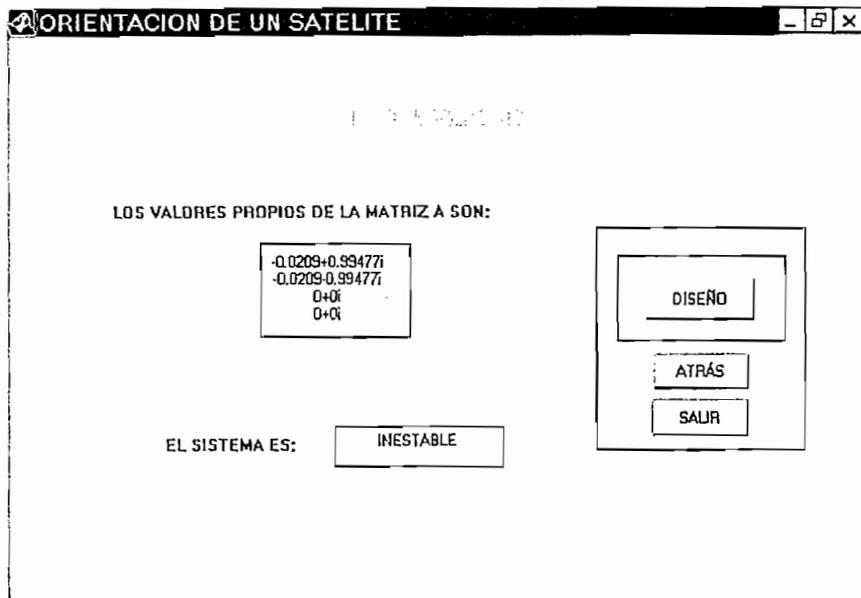
Pantalla 4.13. Análisis del sistema en el espacio de estado

Utilizando las rutinas de MATLAB se presentan para el caso de control en el espacio de estado algunas pantallas a continuación.

En el menú de diseño de control que ya se presentó anteriormente se ingresa al control en el espacio de estado. En la pantalla 4.13 se presenta el sistema en variables de estado y se tiene la opción de analizar la estabilidad, la observabilidad y la controlabilidad.

❖ ESTABILIDAD

La primera característica que se analiza es la estabilidad del sistema. Para lo cual se calcula los valores propios de la matriz A del sistema en estudio, y si todas las partes reales de los valores propios son menores que cero el sistema es estable, caso contrario es inestable. La pantalla 4.14. sirve para este propósito.



Pantalla 4.14. Estabilidad del sistema

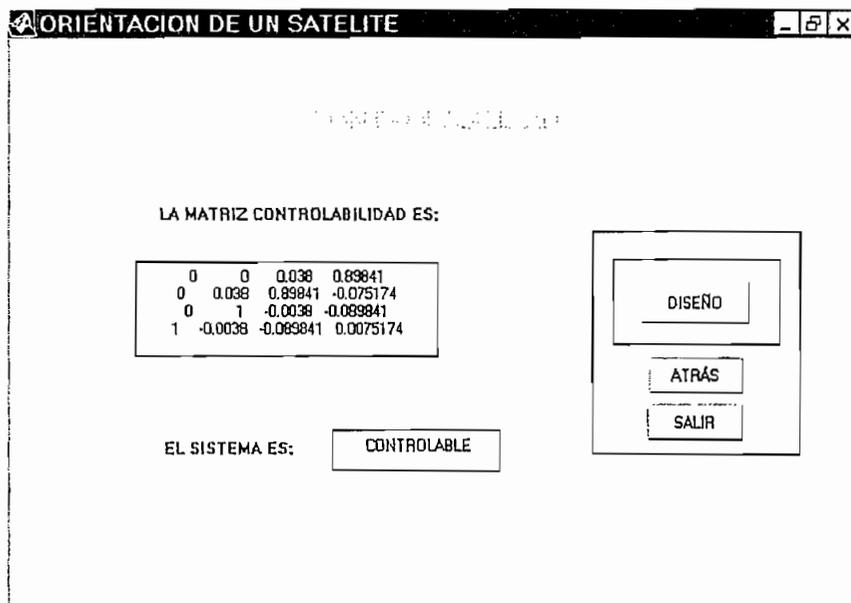
❖ CONTROLABILIDAD

Un sistema es controlable si el estado se puede mover a cualquier dirección deseada mediante la elección adecuada de las señales de control en un intervalo de tiempo finito. Esto se da si y solo si la matriz de controlabilidad, que es

$$\begin{bmatrix} B & AB & \dots & A^2B \end{bmatrix}$$

tiene rango total.

Si el sistema es controlable, los valores propios se pueden mover a cualquier localización deseada por medio de realimentación de estado.



Pantalla 4.15. Controlabilidad del sistema

En el caso de que el sistema sea incontrolable, no es posible ningún control, esta situación se presenta cuando algunos estados están desconectados físicamente de la entrada. En la pantalla 4.15 se presenta la matriz controlabilidad del sistema, y luego de calcular el rango de esta matriz, también se presenta el resultado de que si es controlable o no.

❖ OBSERVABILIDAD

La observabilidad se define como la capacidad para deducir información de todos los modos del sistema midiendo las salidas detectadas. La no observabilidad se presenta cuando algún modo o subsistema está físicamente desconectado de la salida, y por tanto no influye en las mediciones.

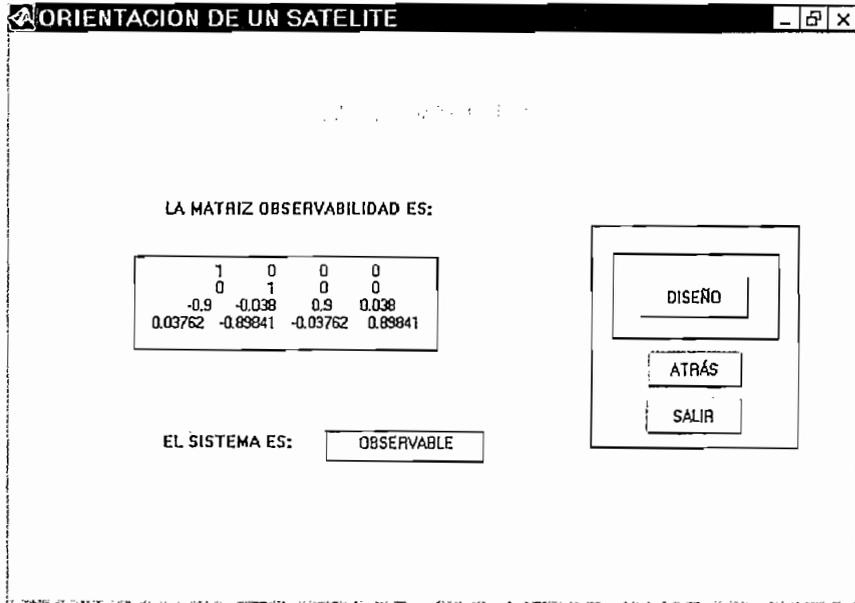
La prueba matemática para determinar si un sistema es observable o no es la matriz de observabilidad.

$$\begin{bmatrix} C \\ CA \\ \vdots \\ CA^n \end{bmatrix}$$

Se tiene que el sistema es observable si y solo si la esta matriz es de rango completo.

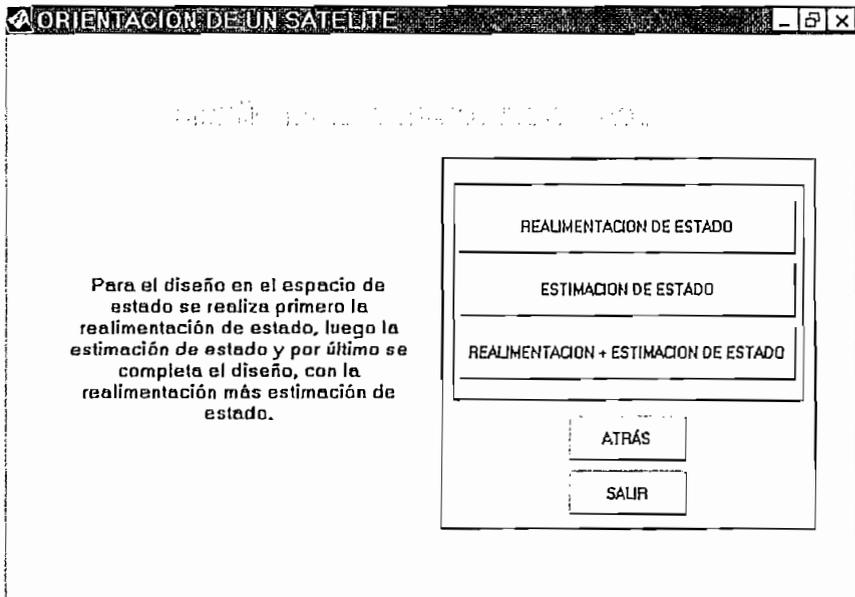
La observabilidad y la controlabilidad son propiedades duales.

Al igual que en el caso de la controlabilidad se presenta en la pantalla 4.16 el análisis de observabilidad del sistema.



Pantalla 4.16. Observabilidad del sistema

Luego del análisis del sistema se ingresa al menú de diseño que tiene las opciones de realimentación de estado, estimación de estado y realimentación más estimación, como lo muestra la pantalla 4.17.



Pantalla 4.17. Menú de diseño

4.1.2.1. Realimentación de estado

La realimentación de estado es una combinación lineal de todos los

$$u = -Kx = -\begin{bmatrix} K_1 & K_2 & \dots & K_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

estados, esto es,

Por tanto el sistema tiene un vector constante en la trayectoria de realimentación del vector de estado, tal como se describe en la figura 4.8.

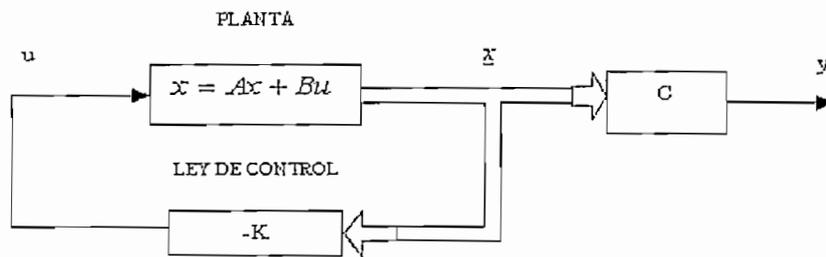


Fig. 4.8 Realimentación de estado

Para un sistema de orden n -ésimo hay n ganancias de realimentación $K_1 \dots K_n$.

Sustituyendo la realimentación, se tiene el comportamiento en lazo cerrado

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax - BKx \\ \dot{x} &= (A - BK)x \end{aligned}$$

La ecuación característica de este sistema de lazo cerrado es

$$\det[sI - (A - BK)] = 0$$

cuando se evalúa, proporciona un polinomio de orden n en " s " que contiene las n ganancias $K_1 \dots K_n$.

El diseño de la realimentación entonces consta en elegir las ganancias K de tal manera que las raíces estén en localizaciones deseables.

Supóngase que las localizaciones deseadas sean

$$s = s_1, s_2, \dots, s_n$$

Entonces la ecuación característica deseada es

$$\alpha_d(s) = (s - s_1)(s - s_2) \dots (s - s_n) = 0$$

De aquí que los elementos de K requeridos se obtienen igualando los coeficientes en las ecuaciones.

4.1.2.1.1. Ubicación de los polos deseados

"La ubicación de los polos deseados debe ser de tal manera que su efecto sea sobre los aspectos indeseables de la respuesta de lazo abierto. Esto permite una adecuada selección de los actuadores de control a utilizarse, ya que si se elige los polos independientemente de los originales de lazo abierto se podría sobre valorar el esfuerzo de control.

Una técnica utilizada para una ubicación adecuada es el regulador cuadrático lineal (lqr).

La versión simplificada de este problema es encontrar un control tal que el índice de comportamiento

$$J = \text{Integral} \{ \rho z^2(t) + u^2(t) \} dt$$

se minimice para el sistema

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$z = C_1 x$$

donde ρ de la ecuación es un factor de ponderación que depende de la elección del diseñador.

El control que minimiza la función de costo J está dado por la realimentación de estado lineal

$$u = -Kx$$

donde el valor óptimo de K se obtiene como sigue.

Los polos de lazo cerrado óptimos están dados por las raíces estables de la ecuación

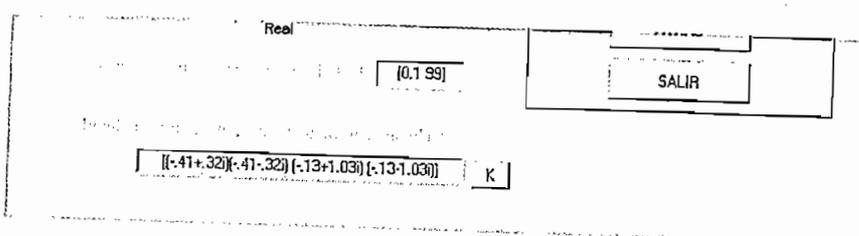
$$1 + \rho G(-s)G(s) = 0$$

donde G es la función de transferencia de lazo abierto del sistema.

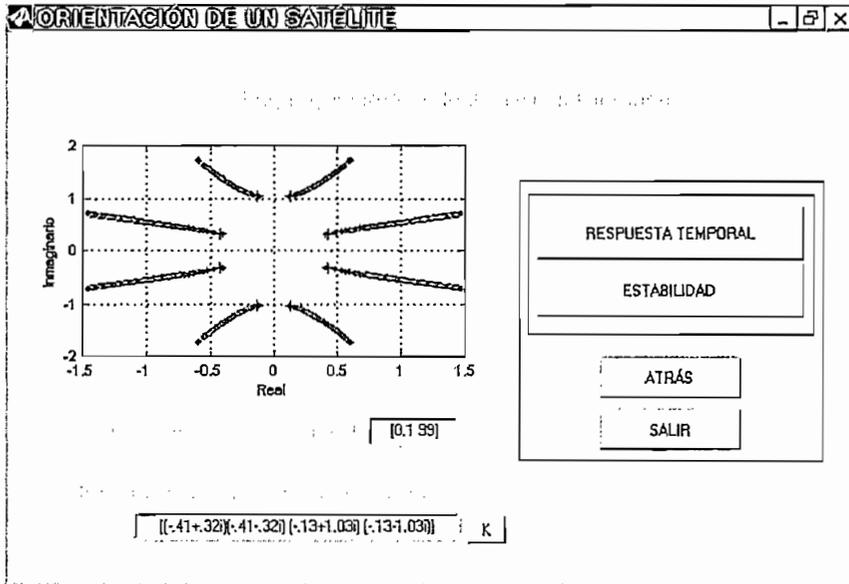
Este es un problema del lugar geométrico de las raíces, con respecto al parámetro ρ , el cual pondera el error de rastreo z^2 en función del esfuerzo de u^2 en el índice de comportamiento.

Se tiene que s y $-s$ afectan de una manera idéntica a la ecuación, por tanto, para cualquier raíz s_0 de la ecuación habrá también una

[2] POWELL y FRANKLIN, Control de sistemas dinámicos con realimentación, páginas 337, 338 y 339

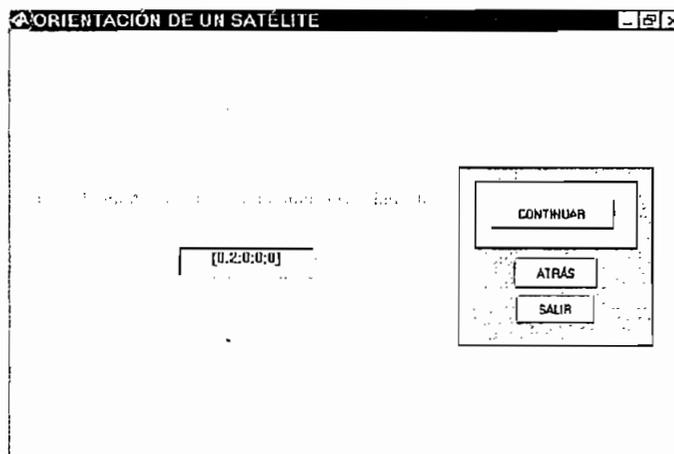


4.19, en donde se presenta la ubicación de los polos deseados por el método del lugar geométrico de las raíces simétrico, en el gráfico, luego el ingreso de los mismos en la casilla correspondiente y el calculo de K.

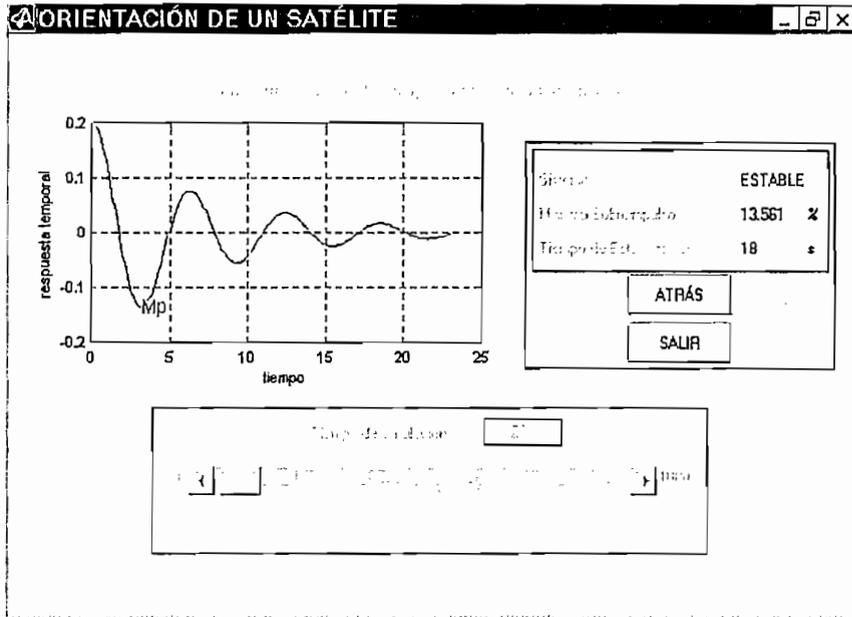


Pantalla 4.19. Ubicación de los polos deseados para realimentación de estado

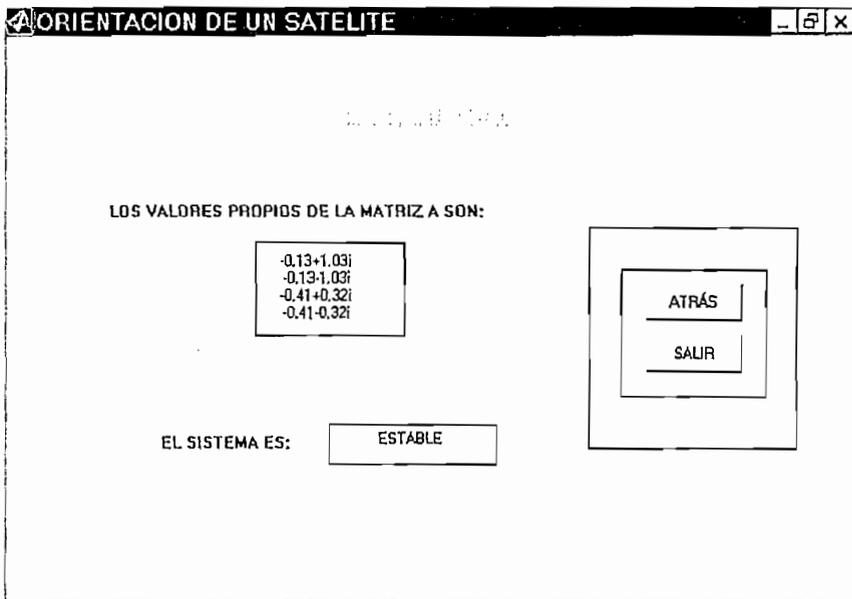
Permite observar la respuesta del sistema realimentado a una condición inicial (ver pantallas 4.20 y 4.21) y también analizar la estabilidad (ver pantalla 4.22).



Pantalla 4.20. Ingreso de las condiciones iniciales



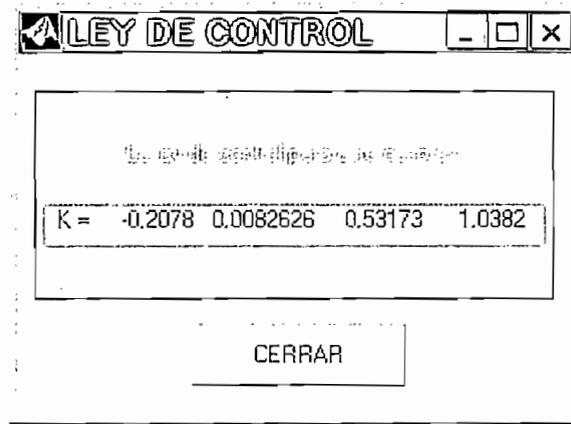
Pantalla 4.21. Respuesta a una condición inicial del sistema realimentado



Pantalla 4.22. Estabilidad del sistema realimentado

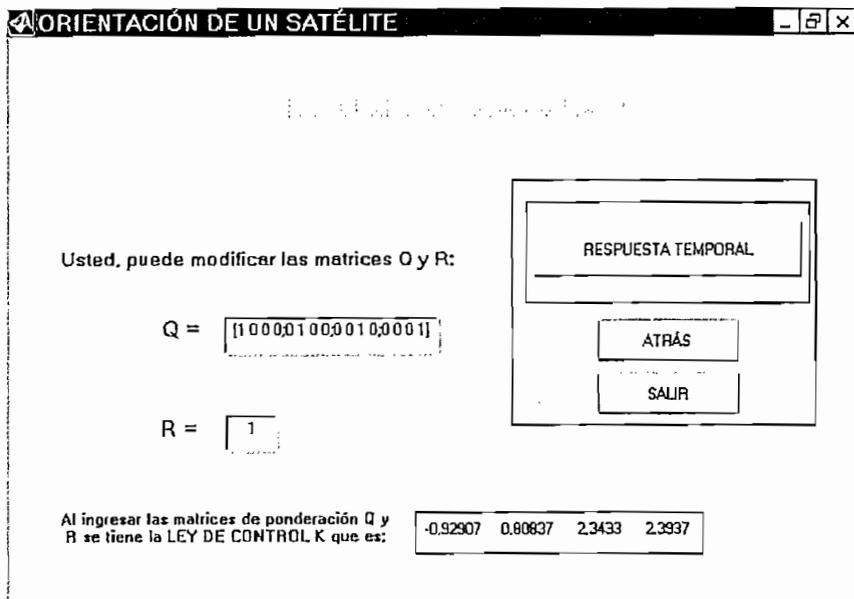
En la pantalla 4.23. se presenta el vector K calculado luego de haber ubicado los polos deseados. Para ingresar se activa el botón de la

pantalla 4.19 que representa a K y que se cierra al activar el botón cerrar.



Pantalla 4.23. Presentación del vector K de realimentación

Para el caso del uso del comando `lqr` del MATLAB se requiere ingresar las matrices de ponderación Q y R , como se observa en la pantalla 4.24. Tiene la opción de observar la respuesta a una condición inicial del sistema realimentado, en una forma similar a la opción del método de calcular K mediante la ubicación de polos.



Pantalla 4.24. Cálculo del vector K con el comando `lqr` de MATLAB

4.1.2.2. Estimador de estado

En la mayoría de los casos no se miden todos los estados, el costo de los sensores requeridos podría ser prohibitivo o incluso podría ser físicamente imposible medir todos estos estados.

Pero mediante el método que se detalla a continuación se pueden reconstruir todos estos estados de un sistema a partir de las mediciones de algunos de ellos.

Este método es la estimación de estado y para calcular los estados que se van a estimar se construye un modelo de la dinámica de la planta

$$\dot{\hat{x}} = A\hat{x} + Bu$$

donde \hat{x} es el estimado de los estados reales x .

Se conocen, A , B , $y(t)$ y $u(t)$; de aquí que este cálculo resulte satisfactorio si se puede obtener la condición inicial correcta $x(0)$ y hacer $\hat{x}(0)$ igual a ella.

La falta de información acerca de $x(0)$ hace necesaria la construcción del estimador. De otra forma, los estados estimados seguirían exactamente los estados verdaderos, sí:

$$\hat{x}(0) = x(0)$$

Pero por el contrario sí

$$\hat{x}(0) \neq x(0)$$

los estados estimados serán diferentes de los verdaderos.

En la figura 4.9 se presenta el estimador de lazo abierto.

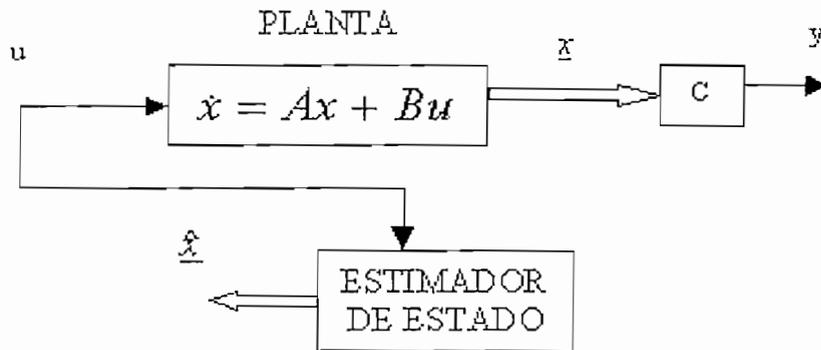


Fig. 4.9. Estimación de estado en lazo abierto

Para estudiar la dinámica del estimador se define el error en el cálculo como

$$\tilde{x} = x - \hat{x}$$

Por tanto, la dinámica de este error en el sistema de lazo abierto está dada por

$$\dot{\tilde{x}} = A\tilde{x}, \quad \tilde{x}(0) = x(0) - \hat{x}(0)$$

El error converge a cero para un sistema estable, pero no se tiene capacidad para influir en la velocidad a la cual la convergencia del estado calculado alcanza el estado verdadero. Además, el error está convergiendo a cero a la misma velocidad que la dinámica natural de A . Si esta velocidad de convergencia fuera satisfactoria, no se requeriría ni control ni estimador.

Se prosigue entonces con la realimentación de la diferencia entre la salida medida $y(t)$ con la salida estimada $\hat{y}(t)$ para corregir continuamente el modelo con esta señal de error, ver figura 4.10.

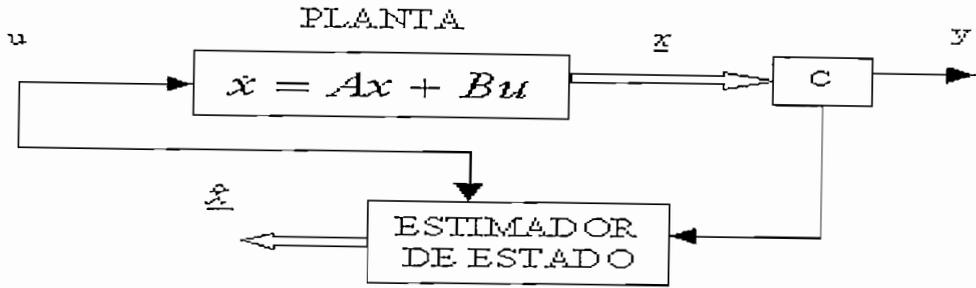


Fig. 4.10. Estimación de estado,

La ecuación de estado para este caso es

$$\dot{\hat{x}} = A\hat{x} + Bu + L(y - C\hat{x}), \quad \hat{y} = C\hat{x}$$

donde L es una ganancia proporcional

$$L = \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ \vdots \\ l_n \end{bmatrix}$$

que se elige para alcanzar características de error satisfactorias.

La dinámica del error se puede obtener restando la ecuación de x de la ecuación de estado,

$$\dot{\tilde{x}} = (A - LC)\tilde{x}$$

La ecuación característica del error estará dada ahora como

$$\det[sI - (A - LC)] = 0$$

Se puede llegar a la selección de L , de la misma forma en que se elige K . Si se especifican las localizaciones deseadas de las raíces del error del estimador como

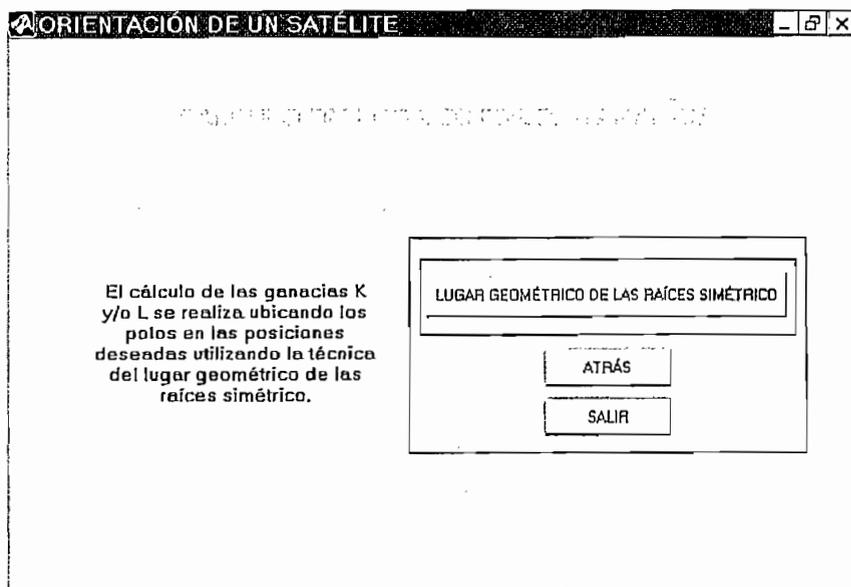
$$S = \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n,$$

Entonces la ecuación característica del estimador deseado es

$$\alpha_e(s) = (s - \beta_1)(s - \beta_2) \dots (s - \beta_n) = 0$$

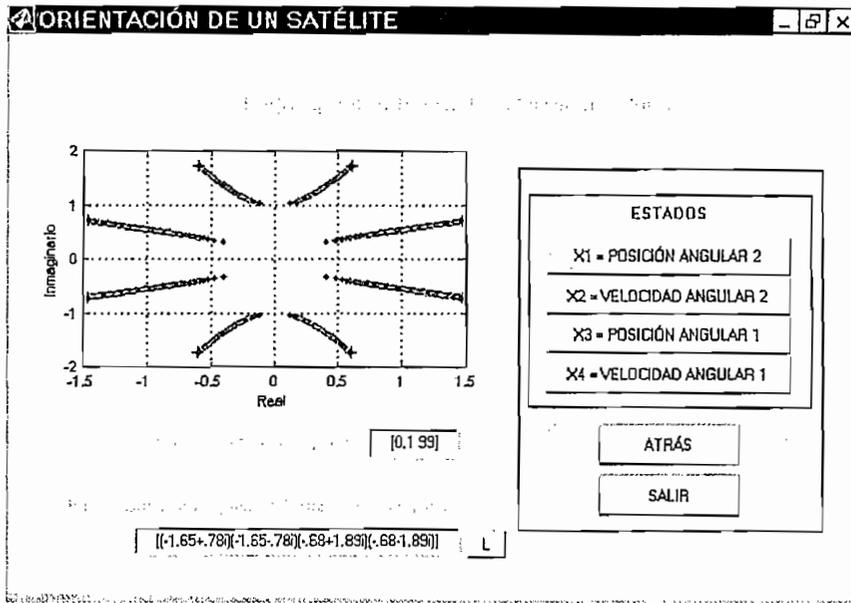
y se resuelve para L comparando los coeficientes de las ecuaciones. Sin embargo, esto se puede hacer solo si el sistema es observable.

Para la selección de los polos del estimador se utiliza la técnica del lugar geométrico de las raíces simétrico, ver pantalla 4.25.



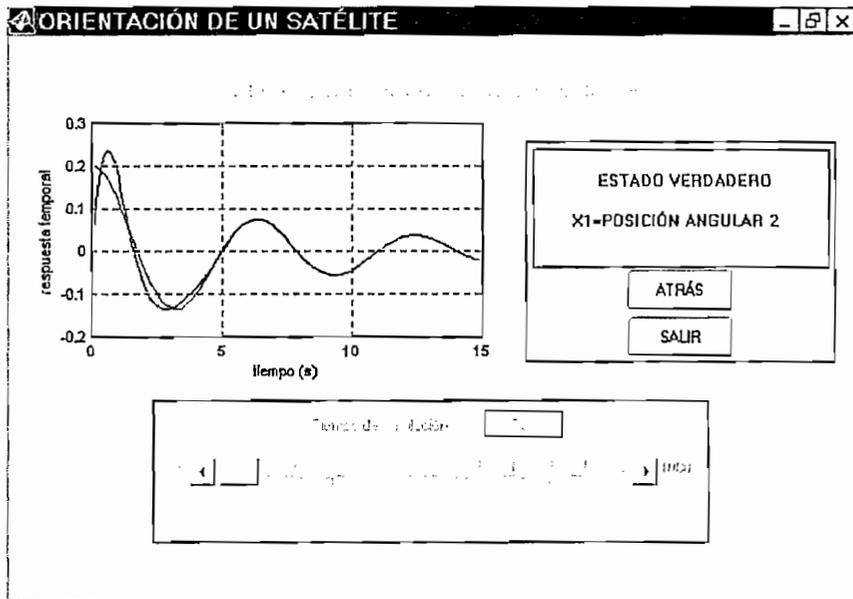
Pantalla 4.25. Ingreso para el cálculo de L

La pantalla que presenta la selección de polos para este caso es la 4.26. que además del calculo de L luego del ingreso de los polos deseados, permite observar la respuesta (previo al ingreso de las condiciones iniciales) de los estados verdaderos, y estimados.



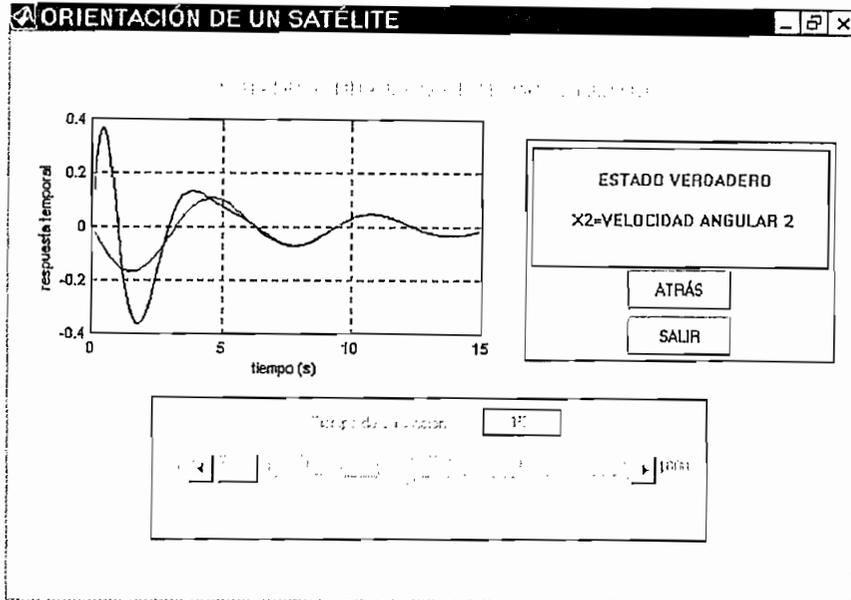
Pantalla 4.26. Ubicación de polos para estimación de estado

A continuación en las pantallas 4.27, 4.28, 4.29, y 4.30 se presentan las respuestas a una condición inicial de los estados verdaderos (azul) y estimados (rojo).

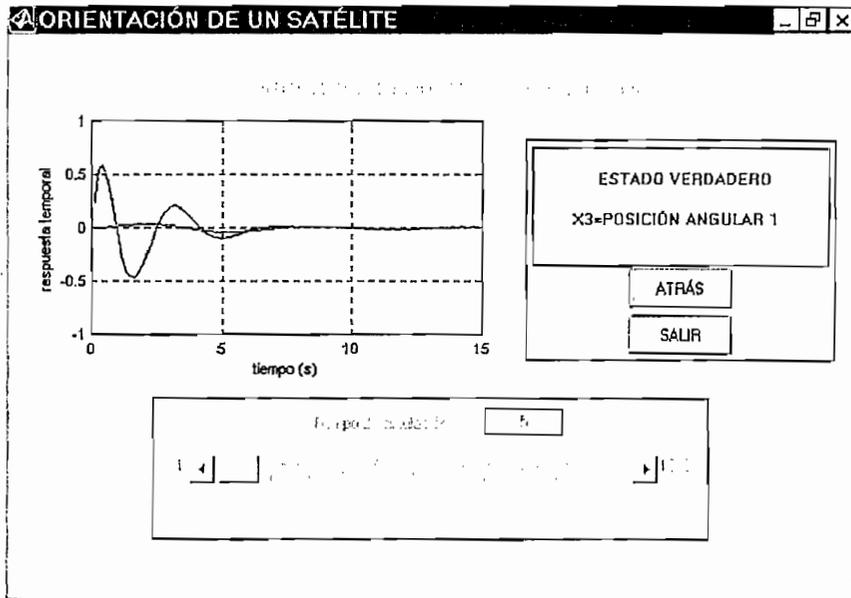


Pantalla 4.27. Estados X1 verdadero y estimado

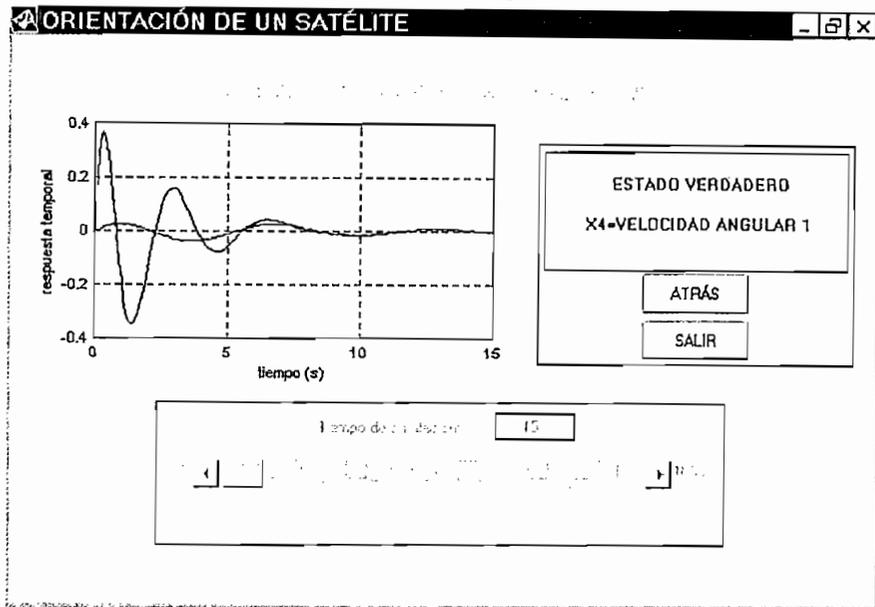
El ingreso de las condiciones iniciales es similar a la realimentación de estado.



Pantalla 4.28. Estados X2 verdadero y estimado

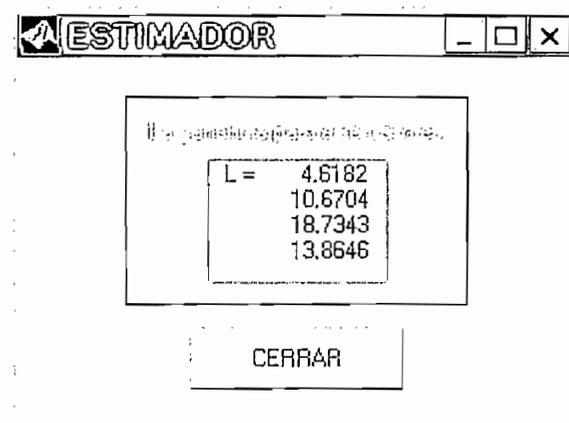


Pantalla 4.29. Estados X3 verdadero y estimado



Pantalla 4.30. Estados X4 verdadero y estimado

La pantalla 4.31 presenta a L calculado.



Pantalla 4.31. Presentación de L

4.1.2.3. Estimador más realimentación de estado

El diseño de la realimentación se hizo suponiendo que todos los estados estuvieran disponibles, pero se emplea \hat{x} en lugar de x en la

dinámica del sistema, la ecuación de la planta con realimentación, ver fig. 4.11 es

$$\dot{x} = Ax - BK\hat{x}$$

que se puede volver a escribir en función del error de estado x ,

$$\dot{x} = Ax - BK(x - \hat{x})$$

La dinámica del sistema global es

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{\hat{x}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A - BK & BK \\ 0 & A - LC \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ \hat{x} \end{bmatrix}$$

La ecuación característica del sistema de lazo cerrado es

$$\det \begin{bmatrix} sI - A + BK & -BK \\ 0 & sI - A + LC \end{bmatrix} = 0$$

que debido a que es un bloque triangular, se puede escribir como

$$\det[sI - A + BK] \det[sI - A + LC] = \alpha_c(s) \alpha_e(s) = 0$$

Esto es, los polos del sistema combinado constan de la unión de las raíces de la realimentación y de las raíces del estimador. Esto significa que el diseño de la realimentación y del estimador se puede realizar independientemente; sin embargo, cuando se emplean de manera conjunta las raíces no cambian. Este hecho constituye el principio de separación, por el cual el diseño de la realimentación de estado y de estimador se puede realizar por separado.

La ecuación de estado para el compensador se obtiene incluyendo la realimentación en la ecuación del estimador

$$\begin{aligned} \dot{\hat{x}} &= (A - BK - LC)\hat{x} + Ly \\ u &= -K\hat{x} \end{aligned}$$

Y la ecuación característica del compensador es

$$\det[sI-A+BK+LC]=0$$

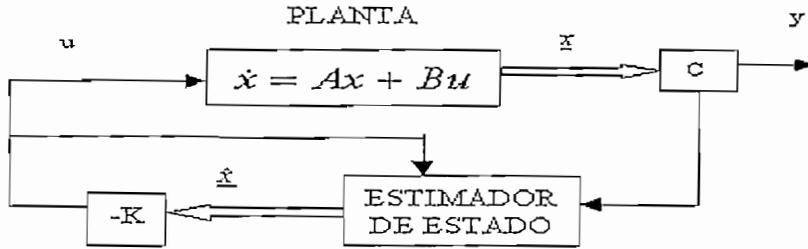
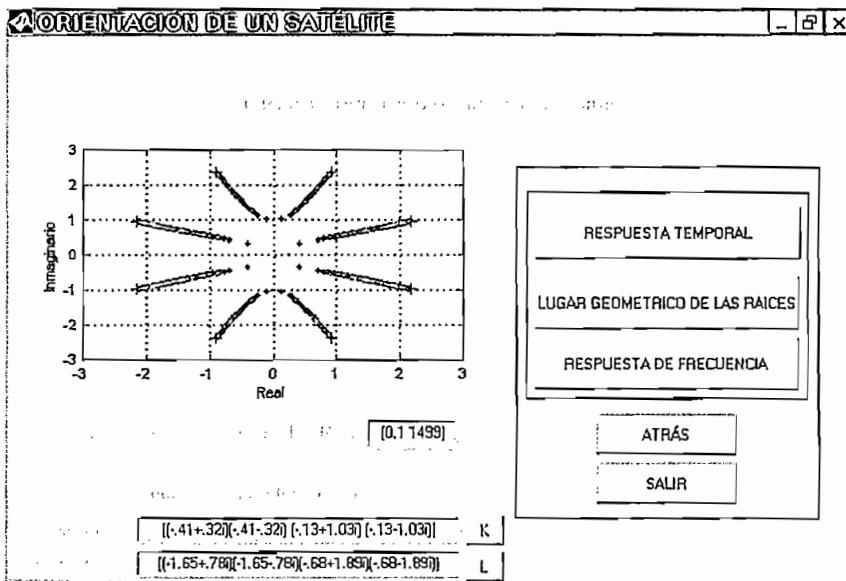


Fig. 4.11. Realimentación más estimación de estado

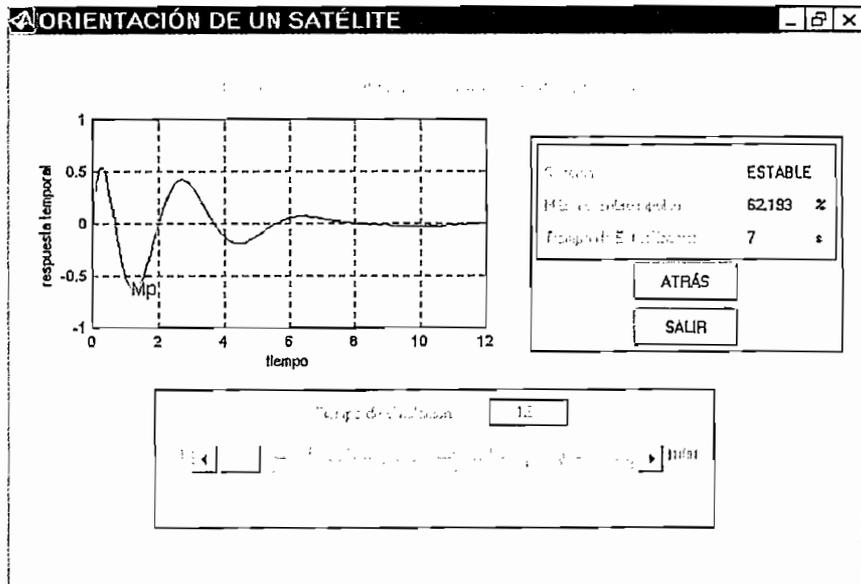
Para este diseño se presenta la pantalla 4.32 de ubicación de polos tanto para K como para L por el método del lugar de las raíces simétrico, cabe mencionar que se calcula K con el método escogido en la realimentación de estado(ver pantalla 4.36 para cuando se usa lqr). Se tiene la opción de observar las repuesta transitoria, el lugar geométrico de las raíces y la respuesta de frecuencia del sistema



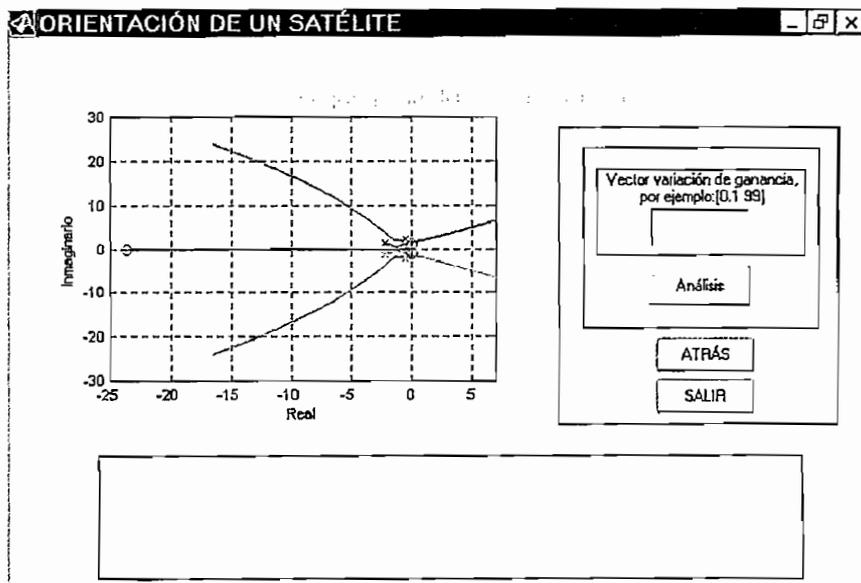
Pantalla 4.32. Ubicación de los polos para el cálculo de K y L en la realimentación más estimación de estado

compensado.

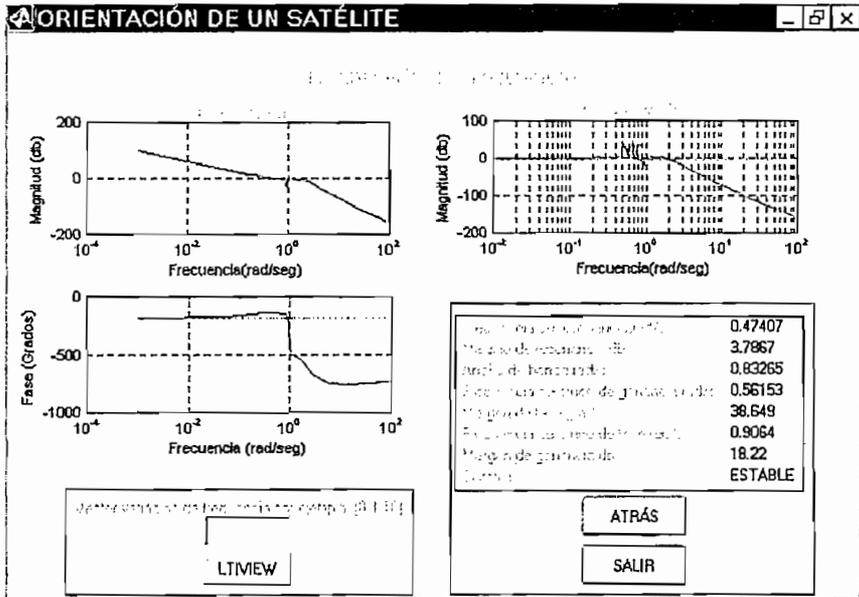
Se ingresa un vector de ocho condiciones iniciales, en una pantalla similar a las anteriores.



Pantalla 4.33. Respuesta a una condición inicial del sistema realimentación más estimación

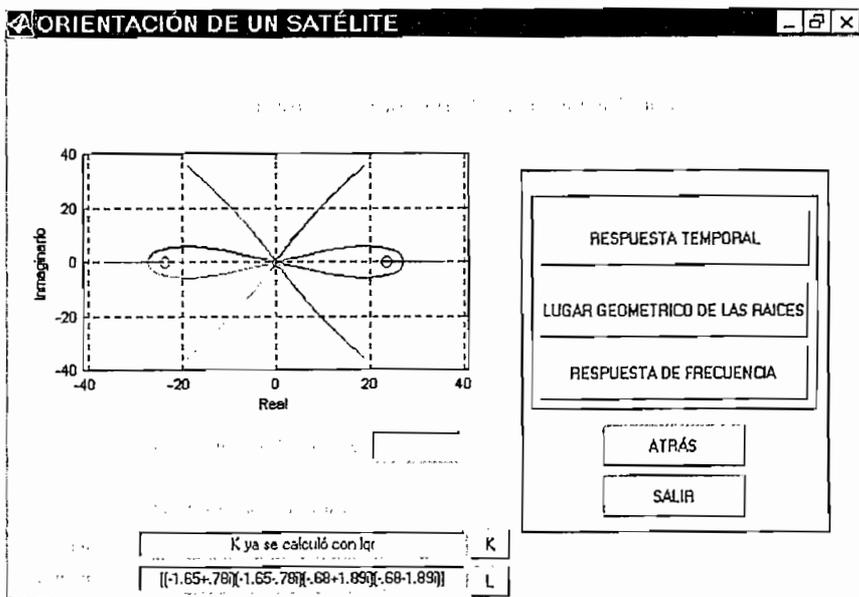


Pantalla 4.34. Lugar geométrico de las raíces del sistema realimentación más estimación



Pantalla 4.35. Respuesta de frecuencia del sistema realimentación más estimación

En las pantallas 4.33, 4.34 y 4.35 se presentan: la respuesta a una condición inicial, el lugar geométrico de las raíces y la respuesta de frecuencia del sistema compensado. Se observa que el sistema tiene características satisfactorias.



Pantalla 4.36. Ubicación de los polos para L con K calculado con lqr en la realimentación más estimación de estado

4.2. SISTEMA DISCRETO

Para el sistema discreto se realiza el diseño del control clásico, usando la técnica de discretización y el diseño del control el moderno.

4.2.1. CONTROL EN CASCADA.

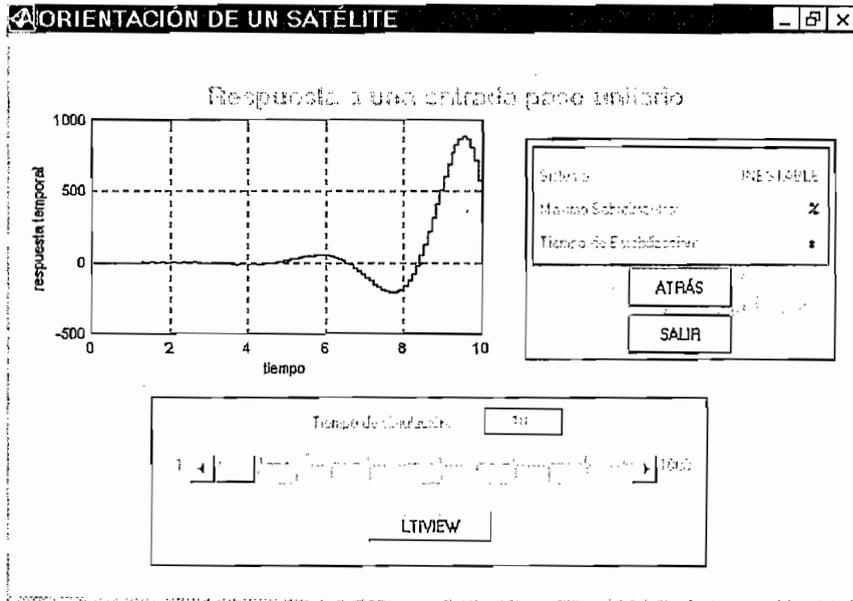
Para el diseño de control clásico se utiliza un sistema de control discretizado en lazo cerrado.

Se realizan el control PD, el filtro muesca y el control PD más el filtro muesca.

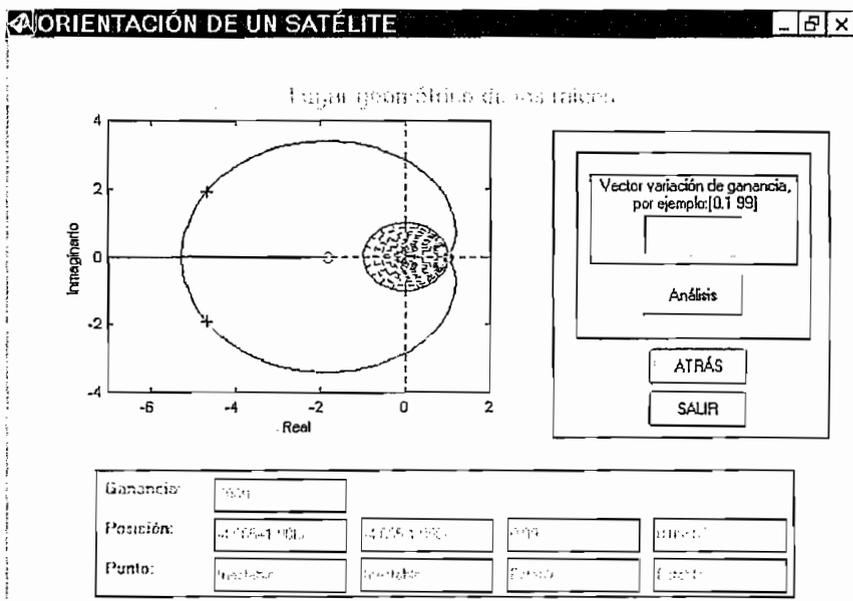
4.2.1.2. Control PD

El diseño del control PD discreto se realiza con los mismos parámetros del sistema continuo, solamente que luego de obtener la función de transferencia se discretiza con el comando `c2d`, utilizando el método ZOH.

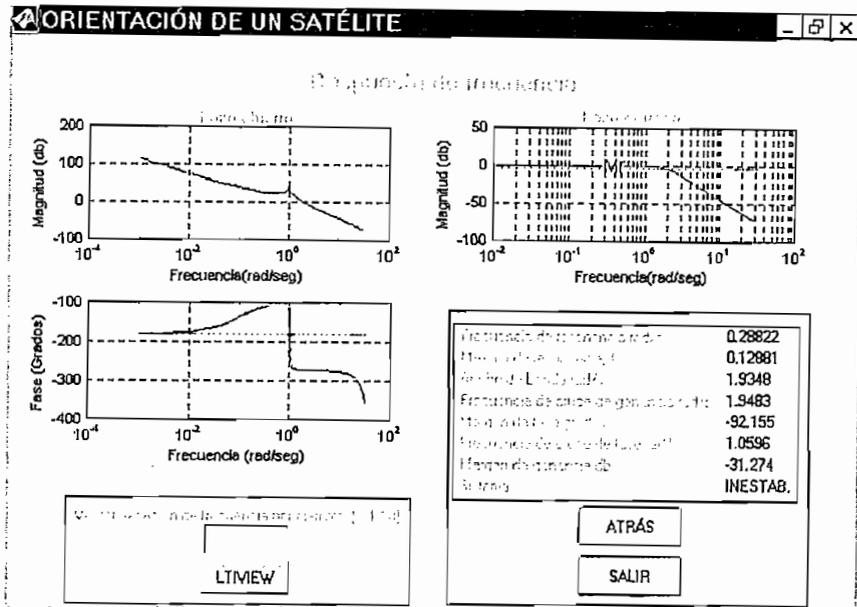
Las pantallas 4.37, 4.38 y 4.39 presentan de la respuesta temporal, el lugar geométrico de las raíces y la respuesta de frecuencia del control PD discretizado.



Pantallas 4.37. Respuesta temporal del control PD discretizado



Pantallas 4.38. Lugar geométrico de las raíces del control PD discretizado

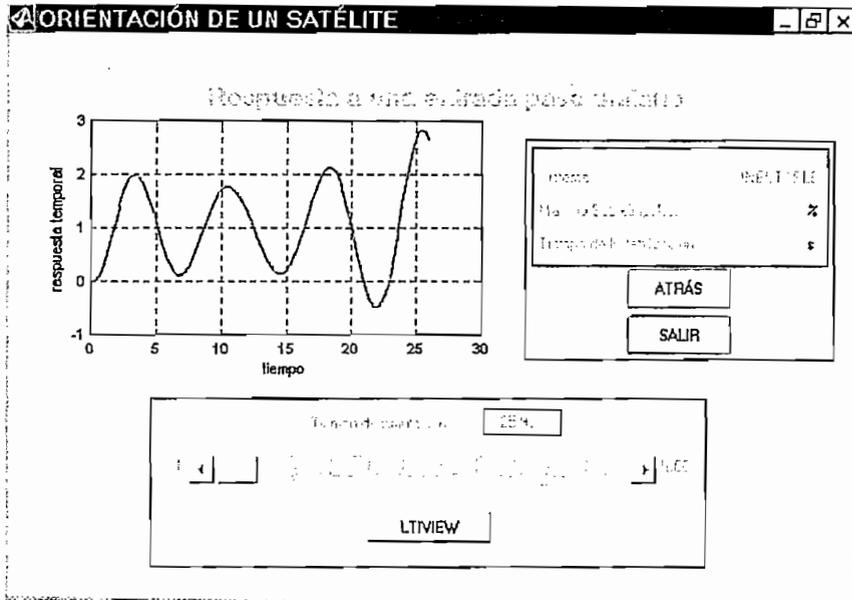


Pantallas 4.39. Respuesta de frecuencia del control PD discretizado

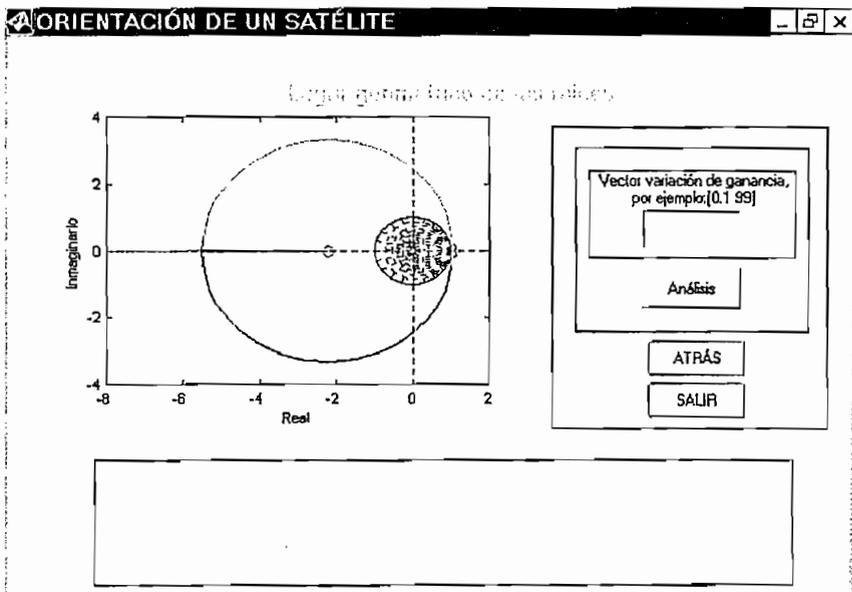
El sistema es inestable.

4.2.1.3. Filtro muesca

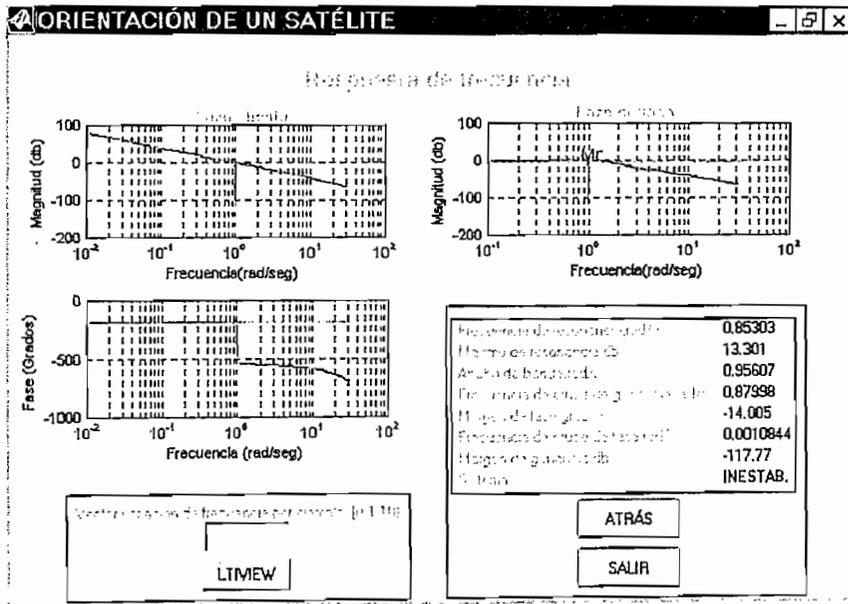
El procedimiento para la implementación del filtro muesca es el mismo empleado en el control PD, esto es, con los mismos parámetros del sistema discreto se obtiene la función de transferencia y luego se discretiza utilizando el método ZOH. Las respuestas del sistema discreto con el filtro muesca discretizado se presentan en las pantallas 4.40, 4.41 y 4.42.



Pantallas. 4.40. Respuesta temporal del sistema discreto con filtro muestra discretizado



Pantallas. 4.41. Lugar geométrico de las raíces del sistema discreto con filtro muestra discretizado

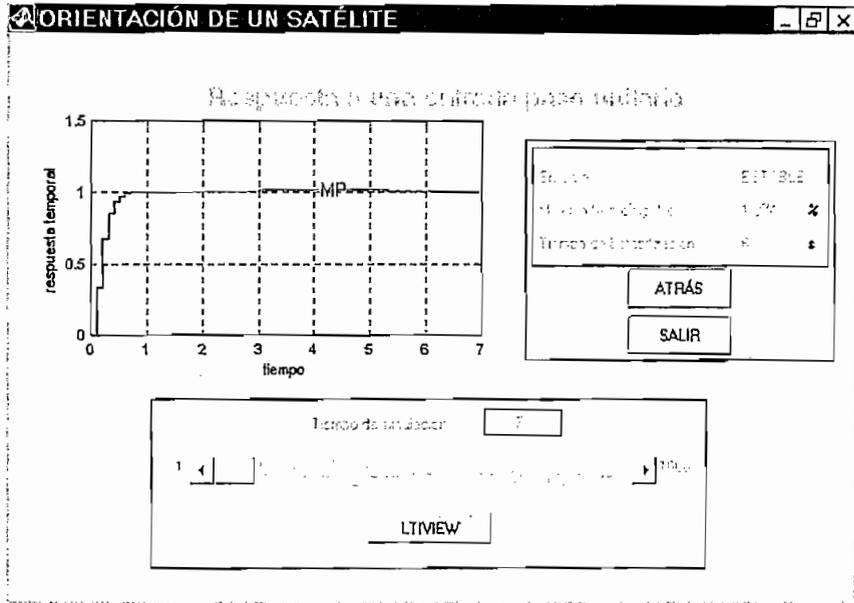


Pantallas. 4.42. Respuesta de frecuencia del sistema discreto con filtro muesca discretizado

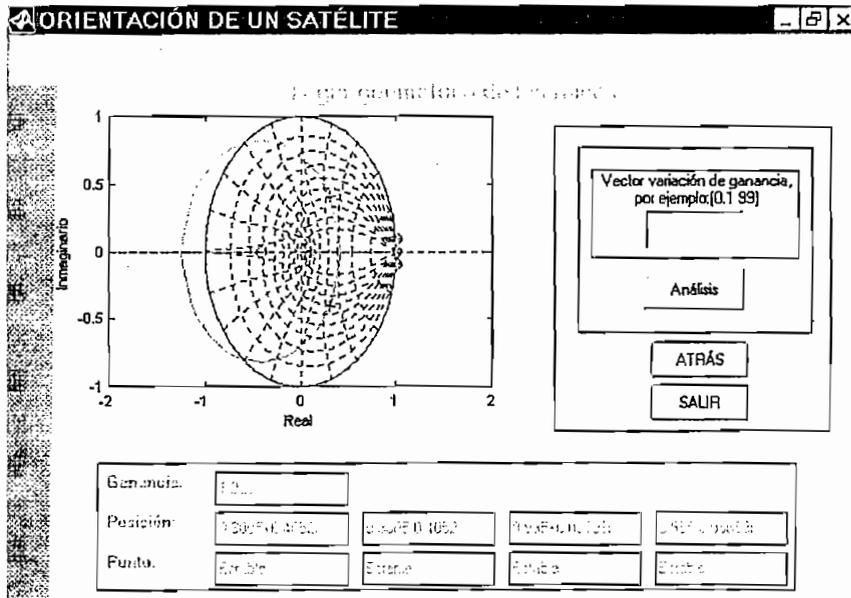
El sistema es inestable.

4.2.1.4. Control PD más filtro muesca

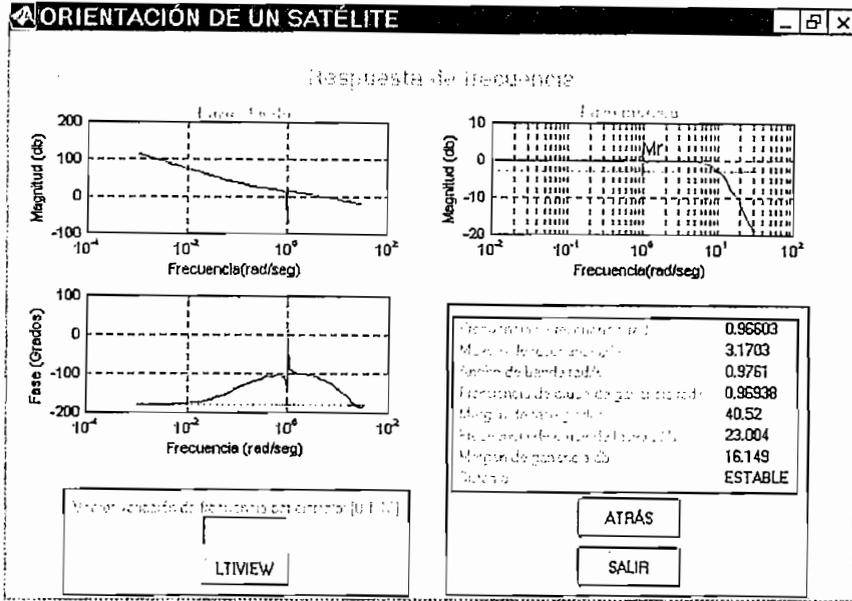
El sistema discreto se estabiliza y a continuación se presentan las pantallas 4.43, 4.44 y 4.45 de respuesta del sistema de control.



Pantallas 4.43. Respuesta temporal del sistema discreto con filtro muesca más PD discretizado



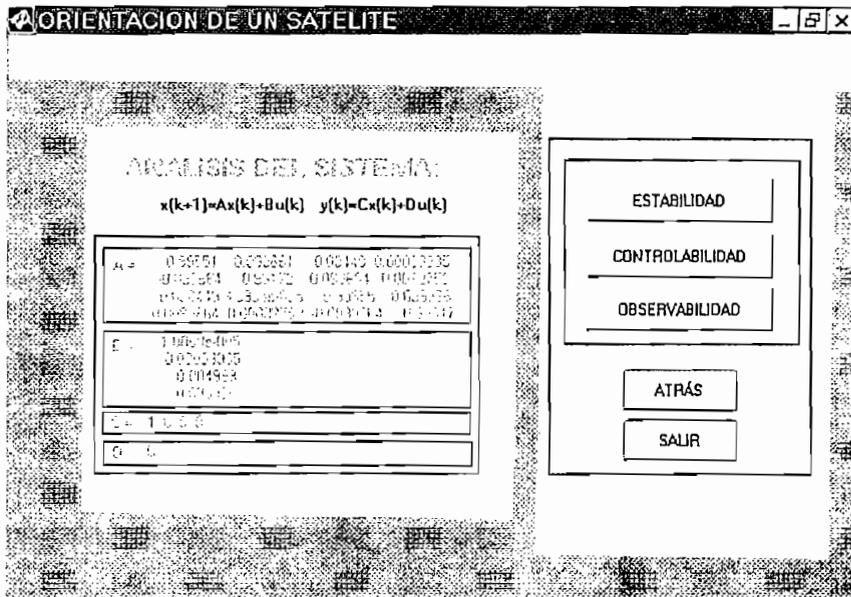
Pantallas 4.44. Lugar geométrico de las raíces del sistema discreto con filtro muesca más PD discretizado



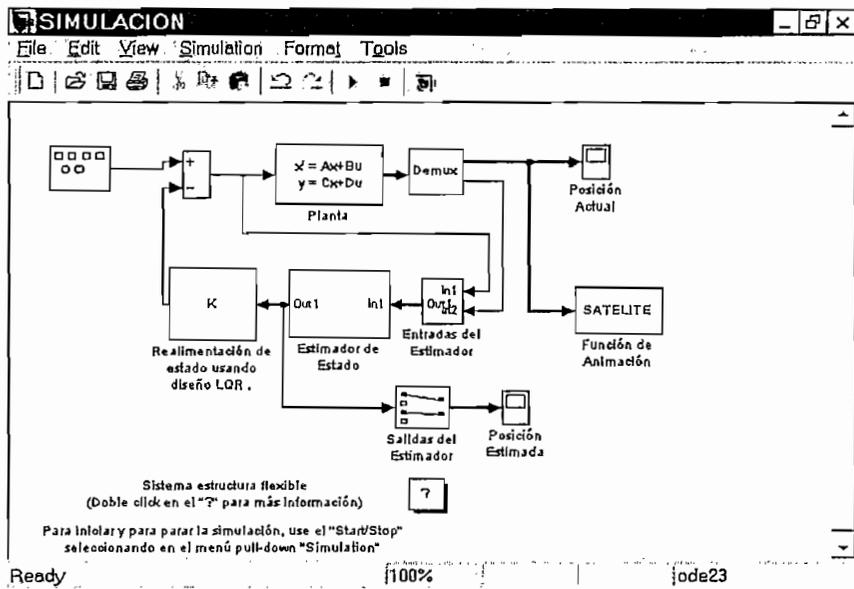
Pantallas 4.45. Respuesta de frecuencia del sistema discreto con filtro muestra más PD discretizado

4.2.2. CONTROL DISCRETO EN EL ESPACIO DE ESTADO

Se realiza el análisis del sistema discreto presentado en la pantalla .46, obteniendo la estabilidad, controlabilidad y observabilidad como se puede ver en las pantallas 4.47,4.48 y4.49.



Pantalla 4.46. Análisis del sistema en el espacio de estado



Pantalla 4.60. Diagrama del control moderno del sistema Orientación de un Satélite

En la pantalla 4.60. se presenta el diagrama implementado. A continuación se detalla su elaboración. [5]

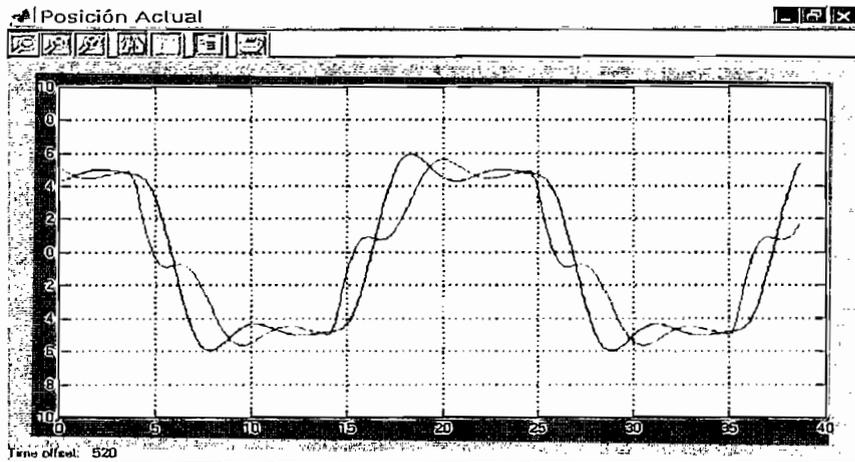
La señal de entrada es una onda cuadrada que proviene de un generador de señal.

Para la representación de la planta se utiliza el bloque de State-Space de la librería.

Para obtener la entrada de la planta se utiliza un sumador en el que ingresa las señales del generador y la que proviene de la realimentación.

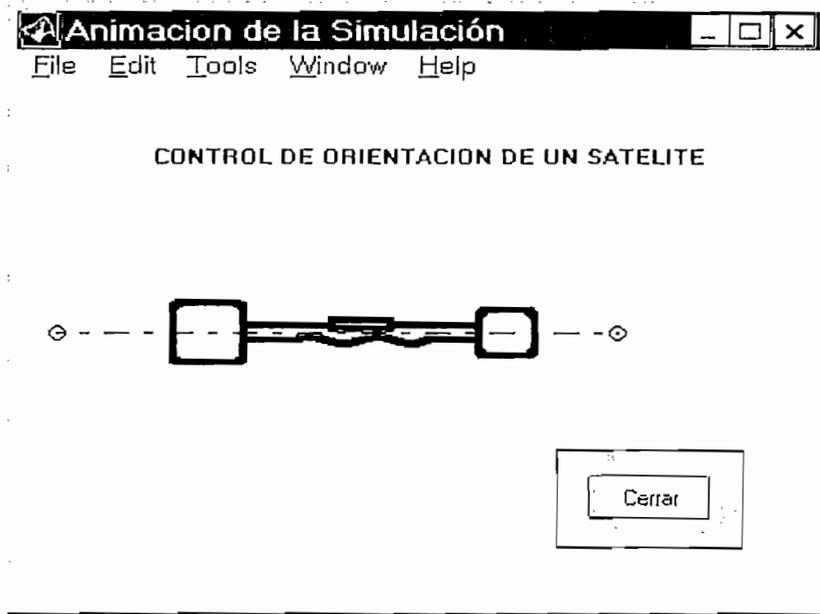
[5] Referencia DEMO DE SIMULINK para sistema doble masa - resorte - amortiguador

En el bloque de la planta se ingresa las matrices A, y B del sistema estudiado, y las matrices $C = [C;C_1;C_2]$, donde $C = [1\ 0\ 0\ 0]$, $C_1 = [0\ 0\ 1\ 0]$ y $C_2 = [0\ 0\ 1\ 0]$ y $D = [0\ 0\ 0]$, que como se puede ver estas dos últimas permiten tener tres salidas de la planta, la primera para registrar la posición actual mediante un osciloscopio (ver pantalla 4.61), la segunda se utiliza para el bloque de animación (ver pantalla 4.62) y la última como una entrada para el estimador. Para este propósito se utiliza un demux (demultiplexer) que permite separar las salidas.

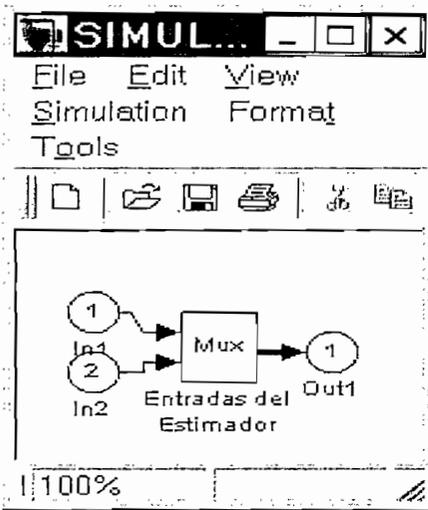


Pantalla 4.61. Posiciones actuales del sistema

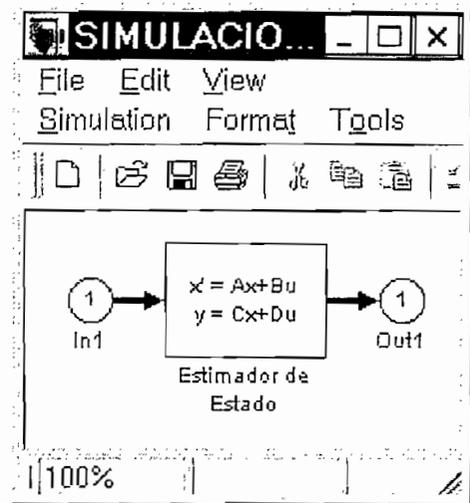
El bloque de animación utiliza un archivo.m, en este caso SATELITE.m realizado en MATLAB.



Pantalla 4.62. Ventana de animación



Pantallas 4.63 Subsistema entradas del estimador



4.64. Subsistema del estimador

Para la entrada al estimador se utiliza un mux (multiplexer), que está en el subsistema Entradas del Estimador, presentado en la pantalla 4.63, que agrupa la entrada de la planta y tercera salida de la planta.

El estimador utiliza también el bloque State-Space donde se ingresan las matrices $Ae = [A-LC_3]$, $Be = [B \ L]$, nótese que la matriz Be es 4×2 debido a que se tiene dos entradas, y $Ce = I$ y $De = [0 \ 0; 0 \ 0; 0 \ 0; 0 \ 0]$, la pantalla 4.64 muestra este subsistema del estimador. Las dos últimas matrices brindan las cuatro salidas del estimador que son las necesarias para la entrada a la realimentación de estado.

La salida del estimador ingresa en el bloque de realimentación y también se conecta a un selector para registrar en un osciloscopio las dos salidas estimadas, que se presentan en la pantalla 4.65.

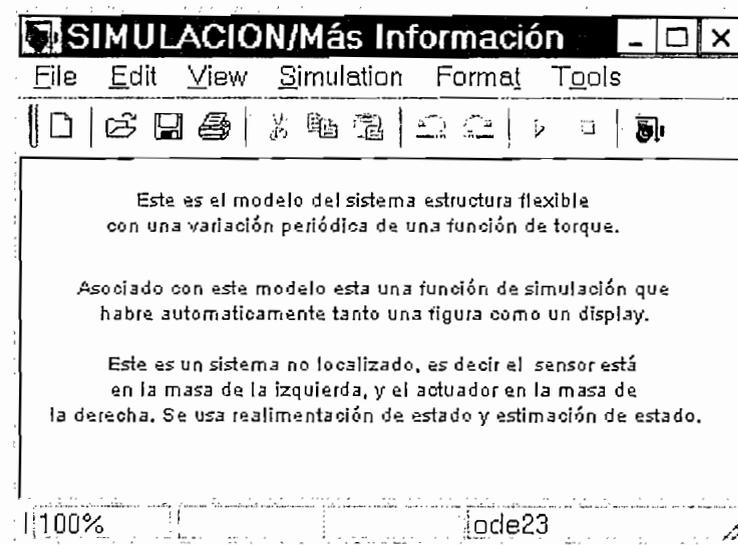
Por último se tiene el bloque de la realimentación en el que se ingresa el vector K .



Pantalla 4.65. Posiciones estimadas del sistema

Para iniciar y parar con la simulación se debe presionar el botón "Star/Stop" del menú pull/down "Simulation" de la pantalla en SIMULINK. Al presionar Star se abre automáticamente la figura de animación y los osciloscopios comienzan a registrar las salidas.

Para concluir se presenta la información que se obtiene al hacer doble click en el botón ? que muestra la pantalla 4.66.



Pantalla 4.66. Información

CAPITULO V

**RESULTADOS, CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

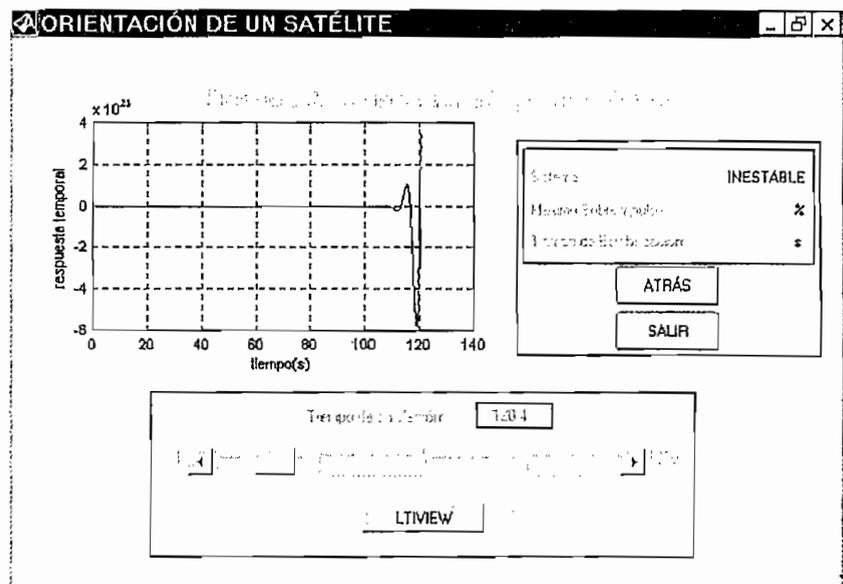
5.1. RESULTADOS

Se han realizado varias pruebas para analizar la bondad de los programas desarrollados, con la finalidad de comprobar su eficiencia.

5.1.1. RESULTADOS DE MODELACIÓN, ANÁLISIS Y SIMULACIÓN

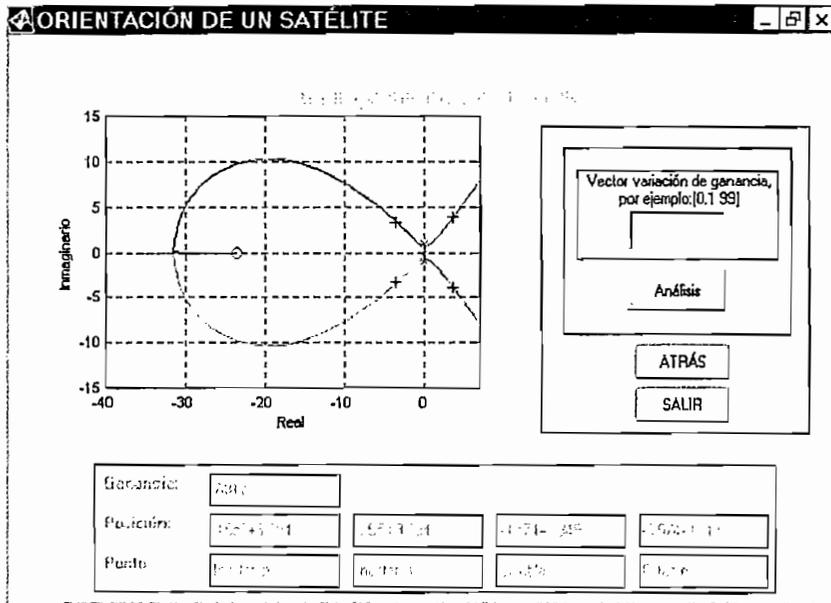
Se presentan a continuación los resultados obtenidos de la simulación y análisis del comportamiento dinámico, de los sistemas obtenidos en el capítulo de modelación.

5.1.1.1. Sistema continuo no localizado

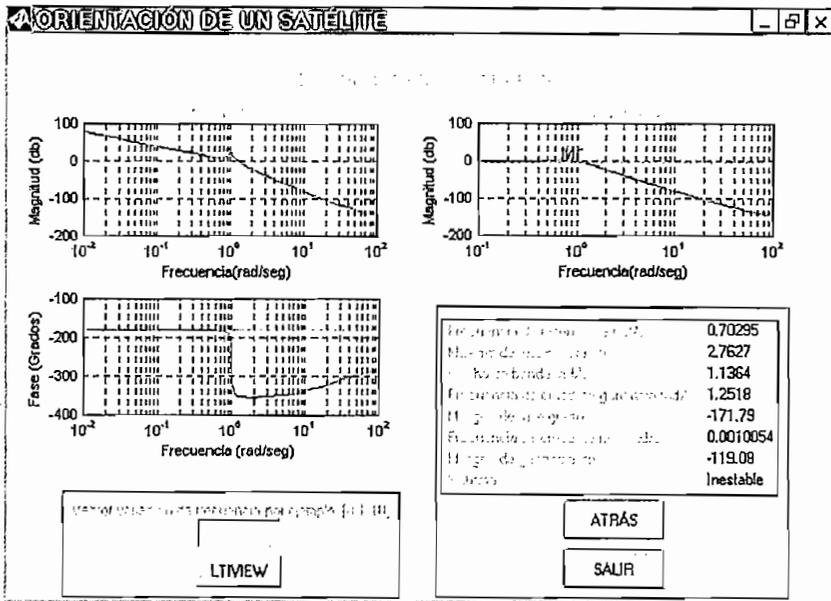


Pantalla 5.1. Respuesta temporal del sistema continuo no localizado con realimentación unitaria

Primero se analiza el sistema no localizado. Las pantallas 5.1, 5.2, y 5.3 presentan la respuesta temporal, el lugar geométrico y la respuesta temporal.



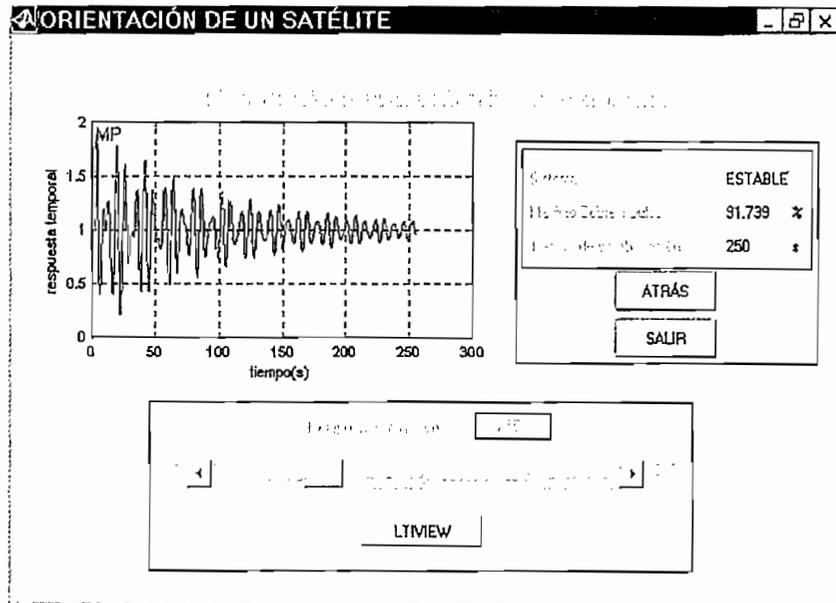
Pantalla 5.2. Lugar geométrico de las raíces del sistema continuo no localizado



Pantalla 5.3. Respuesta de frecuencia del sistema continuo no localizado

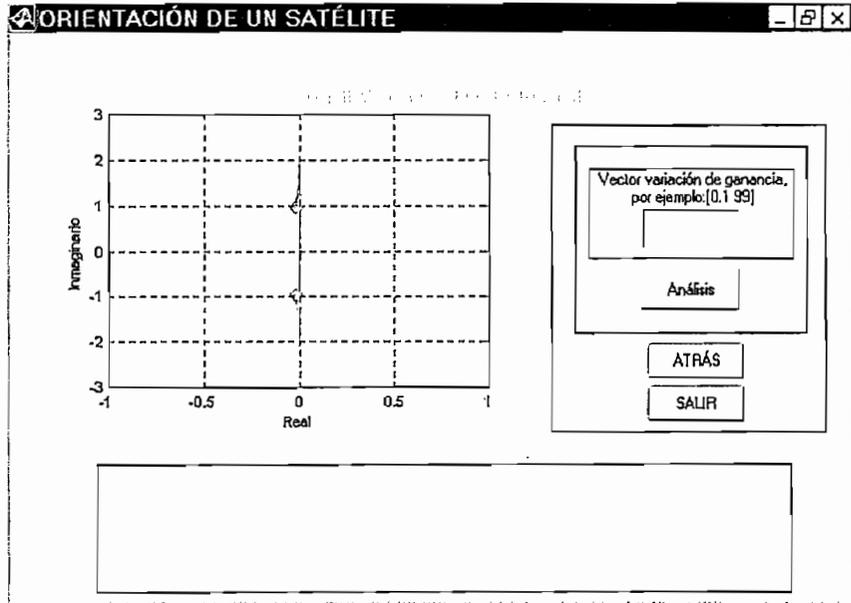
5.1.1.2. Sistema continuo localizado

Las pantallas 5.4, 5.5 y 5.6 muestran los resultados del sistema localizado

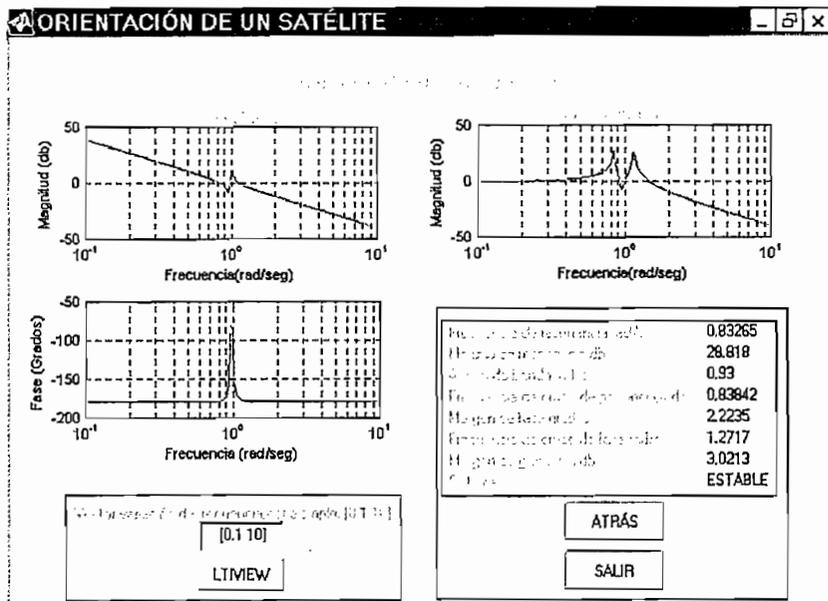


Pantalla 5.4. Respuesta temporal del sistema continuo localizado con realimentación unitaria

El sistema no localizado es inestable debido a la presencia de la resonancia ocasionada por el acoplamiento de las masas (el actuador esta sobre una masa y el sensor sobre la otra) no así el sistema localizado, en el que éste problema no existe (sensor y actuador están sobre la misma masa) y el sistema es estable.



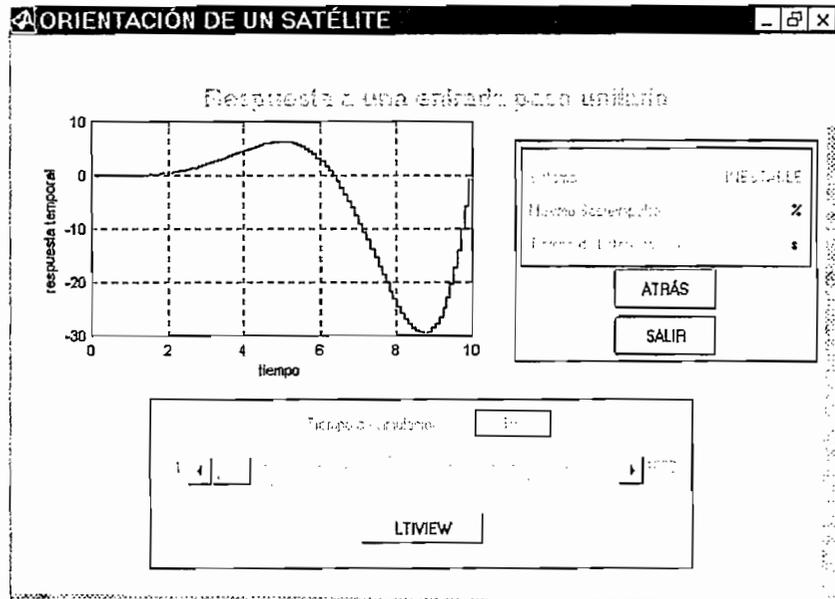
Pantalla 5.5. Lugar geométrico de las raíces del sistema continuo localizado



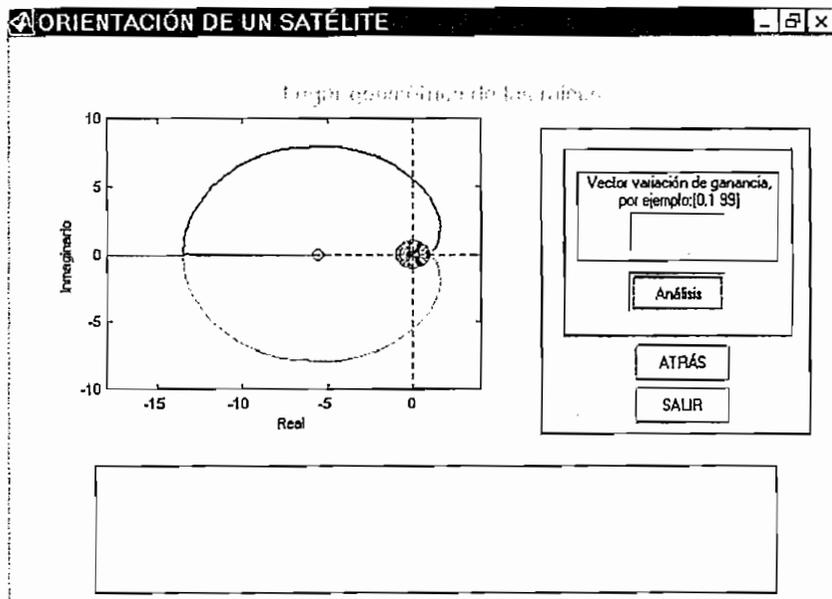
Pantalla 5.6. Respuesta de frecuencia del sistema continuo localizado

5.1.1.3. Sistema discreto no localizado

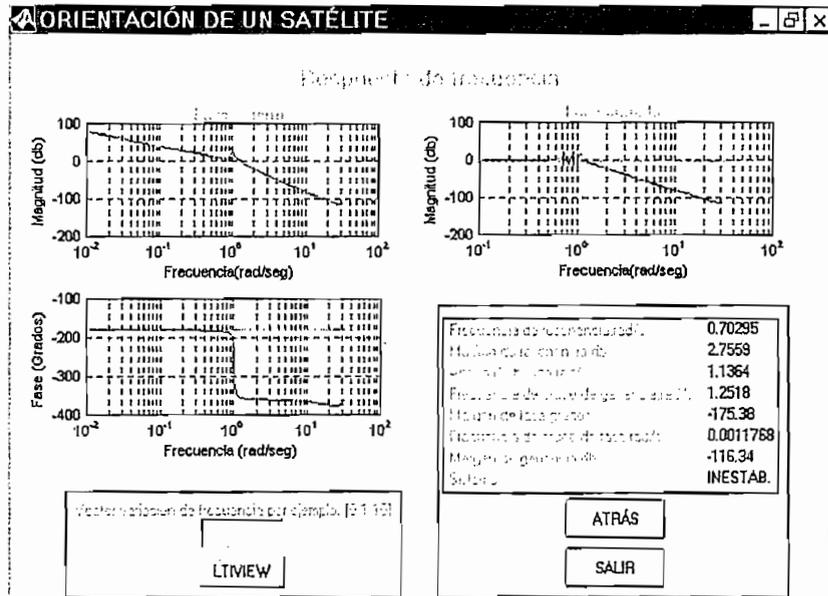
Para el sistema discreto no localizado se tiene la misma situación que se presenta en el sistema continuo. En las pantallas 5.7, 5.8 y 5.9. se muestra la respuesta temporal, el lugar geométrico de las raíces y la respuesta de frecuencia.



Pantalla 5.7. Respuesta temporal del sistema discreto con realimentación unitaria



Pantalla 5.8. Lugar geométrico de las raíces del sistema discreto no localizado



Pantalla 5.9. Respuesta de frecuencia del sistema discreto no localizado

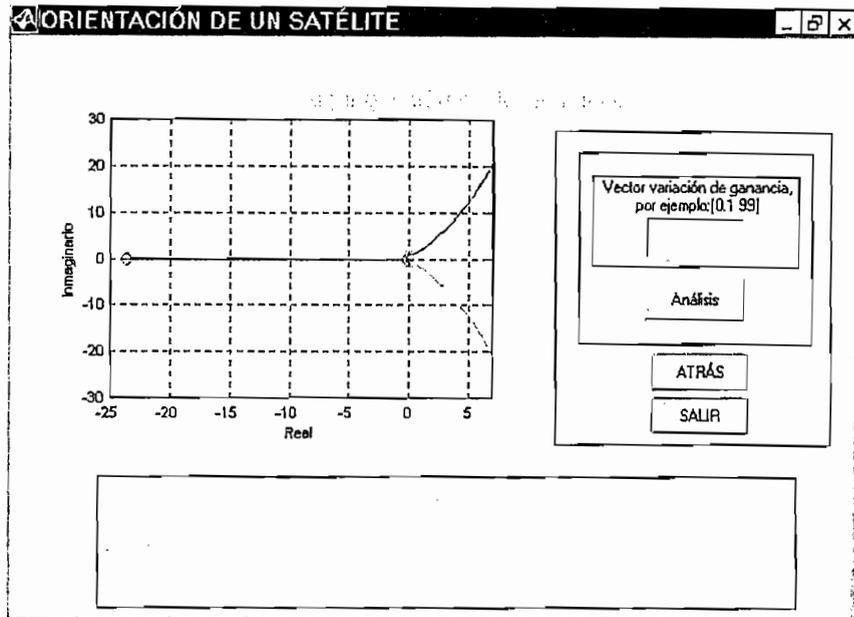
5.1.2. RESULTADOS DEL CONTROL CLÁSICO

Para el control clásico se utiliza control PD más un filtro muesca, con la finalidad de mejorar la respuesta transitoria y de eliminar la resonancia.

5.1.2.1. Control PD continuo

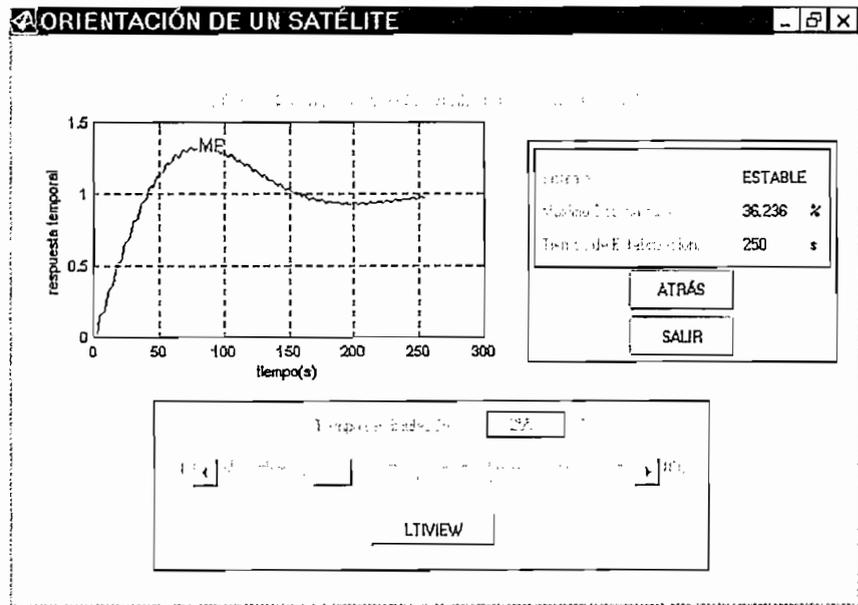
La pantalla 5.10 muestra el resultado del lugar geométrico de las raíces del sistema no localizado con el control PD. Inicialmente con el diseño realizado en el capítulo IV con los valores $T_d=1.4$ y $K_p=0.5$ y luego con el ajuste $T_d=10$ y $K_p=0.6$ no se logra estabilizar el sistema pues los polos resonantes no se cancelan. Se hace otro ajuste, con los valores $T_d=30$ y $K_p=0.001$, se llega a estabilizar el sistema como

muestra la pantalla 5.11. pero no se cumple con las especificaciones de diseño, pues tiene un tiempo de estabilización de 250s, que es muy grande y una frecuencia de cruce de ganancia de 0.03rad/s que en cambio es muy pequeña.

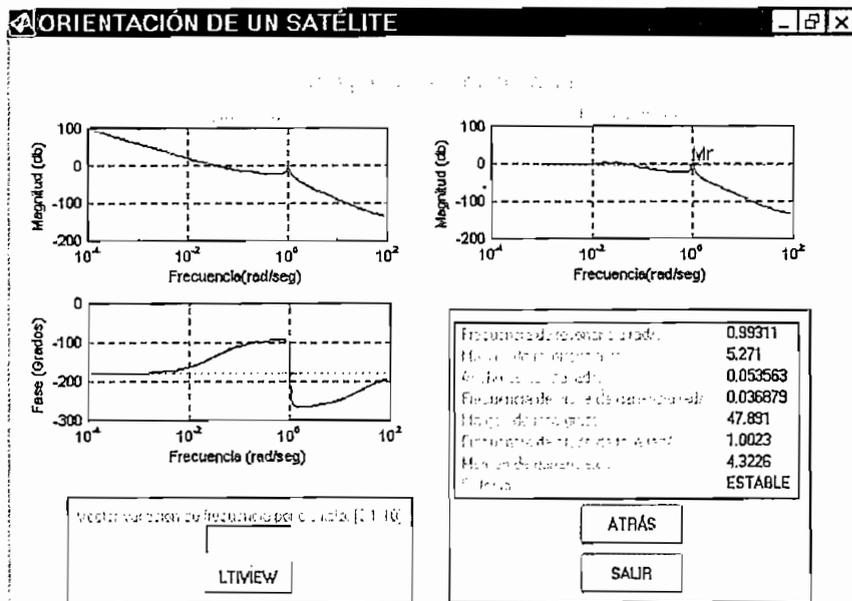


Pantalla 5.10. Lugar geométrico de las raíces del sistema no localizado con control PD con $T_d=10$ y $K_p=0.6$

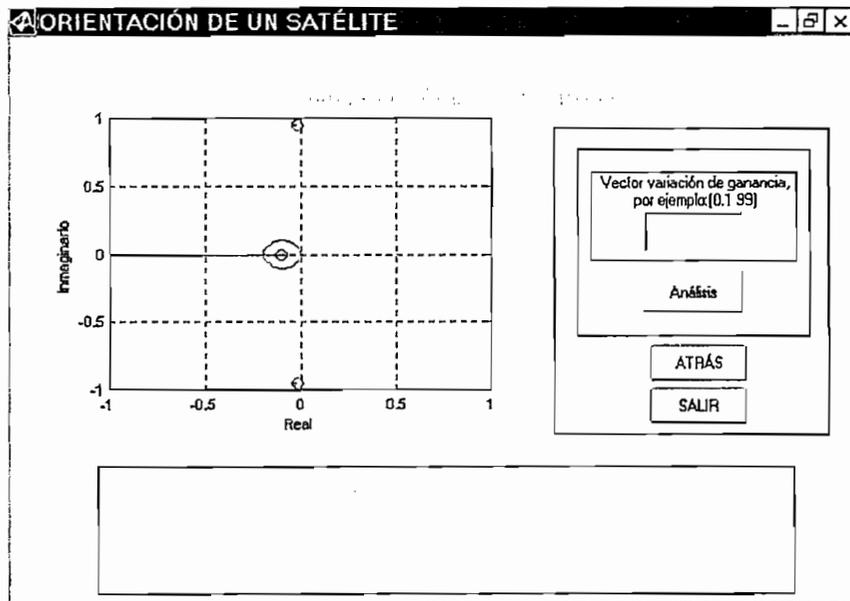
Para el sistema localizado que como se puede ver en la pantalla 5.13 el control PD es suficiente para estabilizar la planta, cumpliendo con las especificaciones deseadas. Esto se debe a que la planta misma tiene un cero cerca de los polos de resonancia y no es necesario el filtro muesca. La colocación del filtro muesca en la planta, entonces hace al sistema más bien inestable, como se muestra en la pantalla 5.16.



Pantalla 5.11. Respuesta temporal del sistema continuo no localizado con $T_d=30$ y $K_p=0.001$



Pantalla 5.12. Respuesta de frecuencia del sistema continuo no localizado con $T_d=30$ y $K_p=0.001$

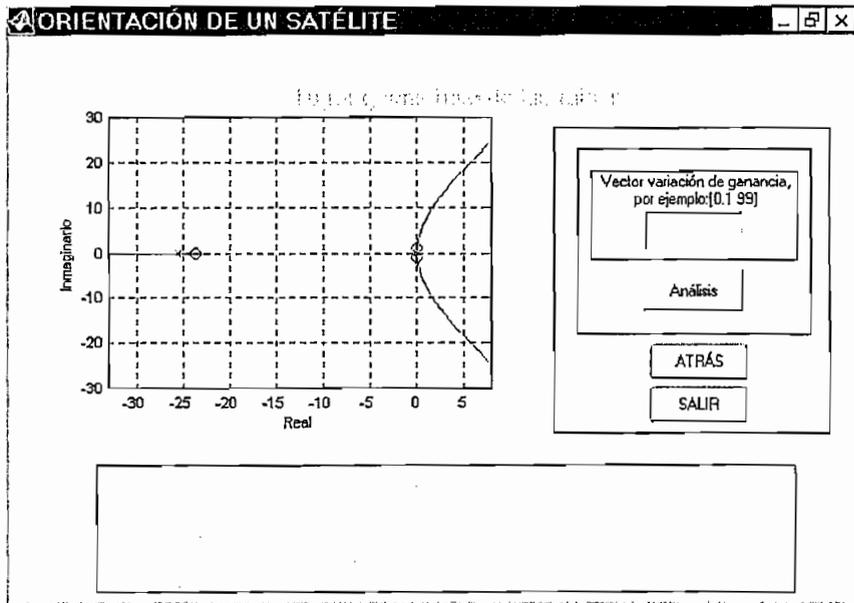


Pantalla 5.13. Lugar geométrico de las raíces del sistema continuo localizado con $T_d=10$ y $K_p=0.6$

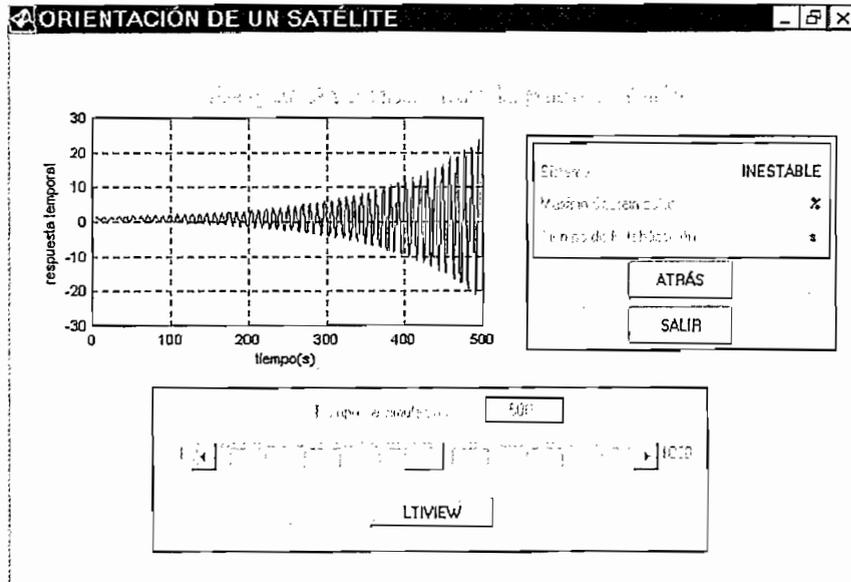
5.1.2.1. Sistema continuo con Filtro Muesca

El sistema no localizado con el filtro muesca tampoco llega a una estabilización debido a que es necesario añadir un cero para que el lugar geométrico se desplace a la izquierda.

El filtro muesca por si solo no es suficiente pues existen dos polos en cero, como lo muestra la pantalla 5.14.



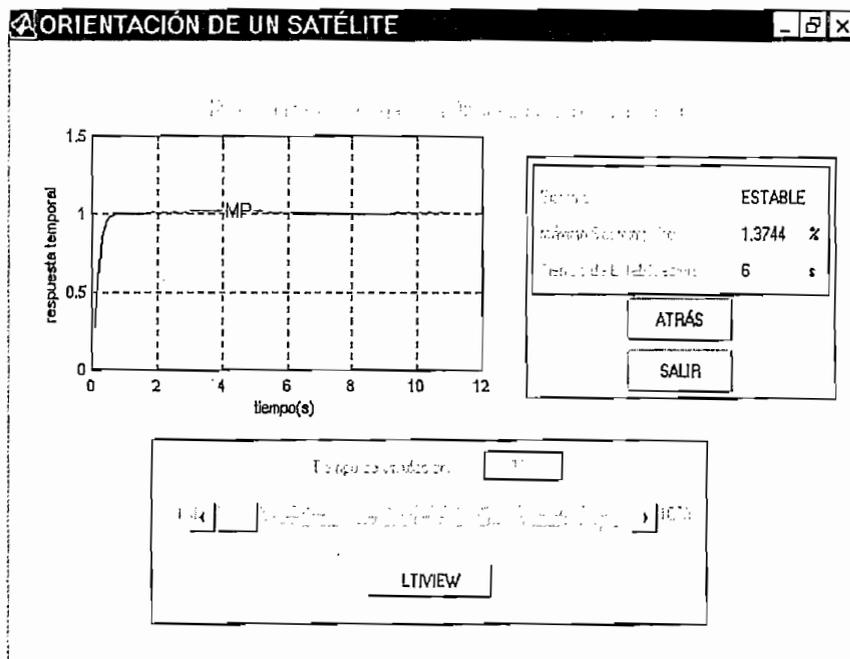
Pantalla 5.14. Lugar geométrico de las raíces del sistema continuo localizado con filtro muesca



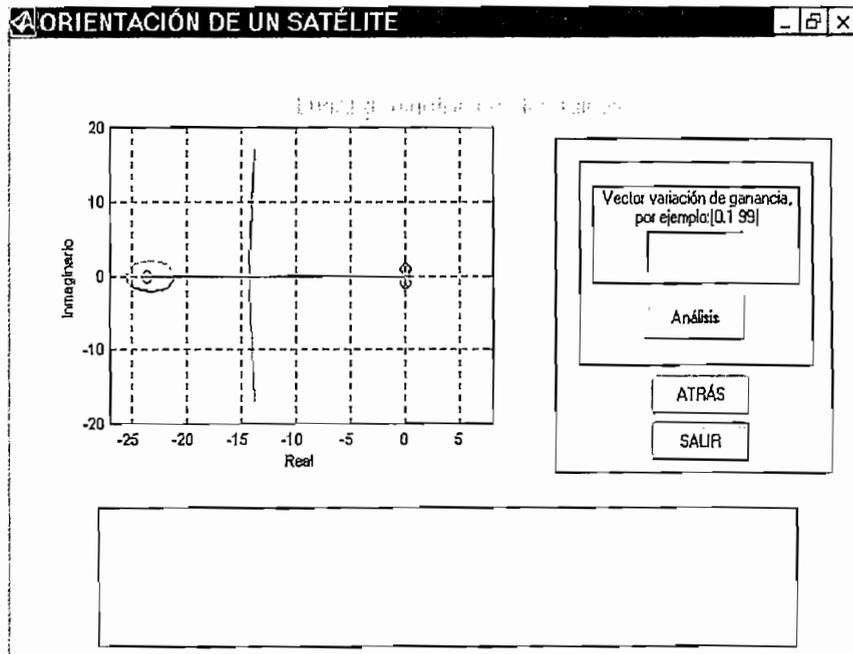
Pantalla 5.15. Respuesta temporal del sistema continuo localizado con filtro muesca

5.1.2.2. Control continuo PD más Filtro Muesca

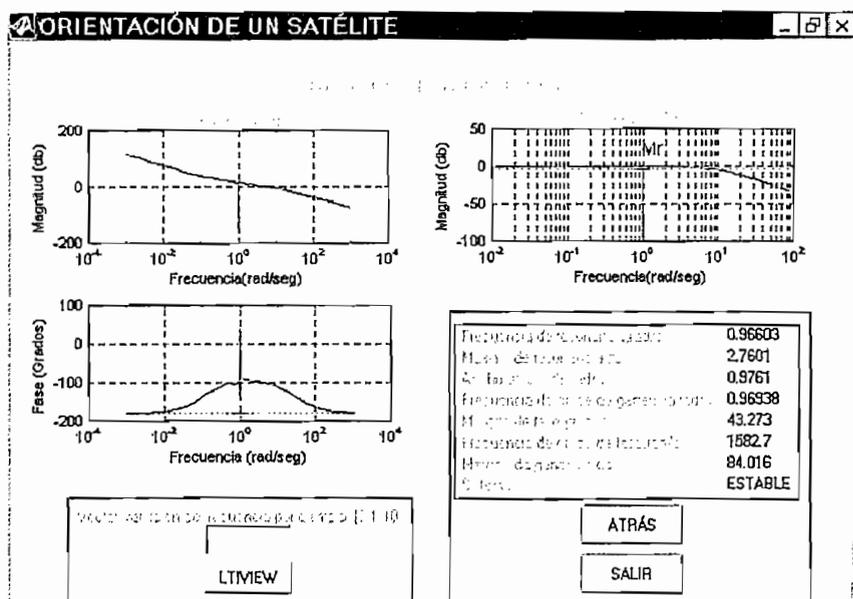
Al observar la pantalla 5.14 se ve que si se ubica un cero cercano a los polos de resonancia se puede estabilizar el sistema, y este cero se lo consigue con el control PD. Por esta razón al conectar en cascada el control PD, el filtro muesca y la planta y luego realimentación unitaria se obtiene un sistema estable, y para que se cumplan las mejores condiciones se ensaya con los parámetros del control PD y del filtro muesca y se tienen los resultados que presentan las pantallas 5.16, 5.17 y 5.18.



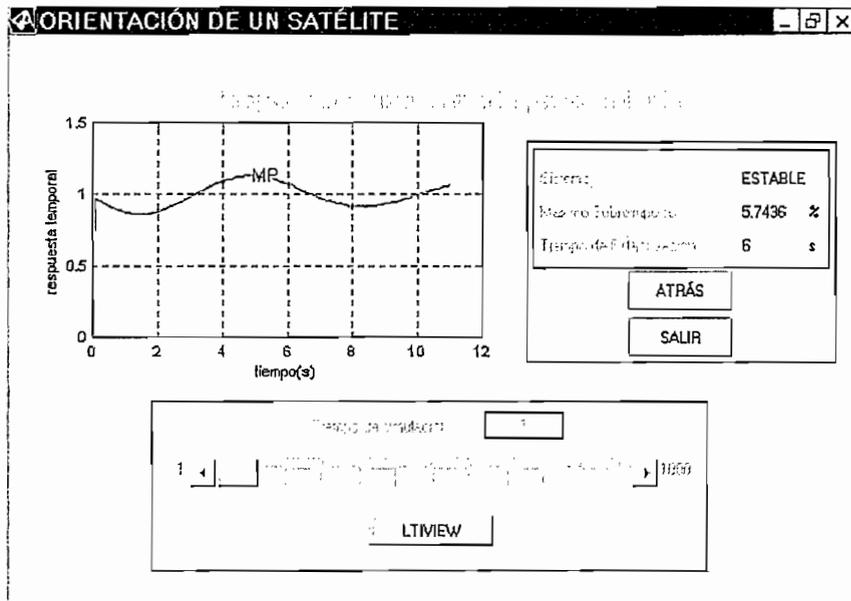
Pantalla 5.16. Respuesta temporal del sistema de control no localizado



Pantalla 5.17. Lugar geométrico de las raíces del sistema de control no localizado



Pantalla 5.18. Respuesta de frecuencia del sistema de control no localizado

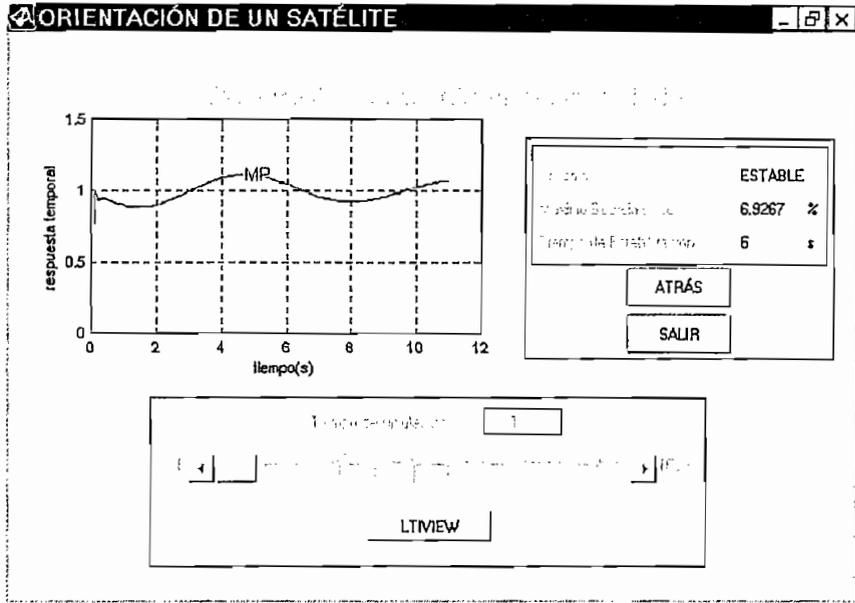


Pantalla 5.19. Respuesta temporal del sistema de control localizado

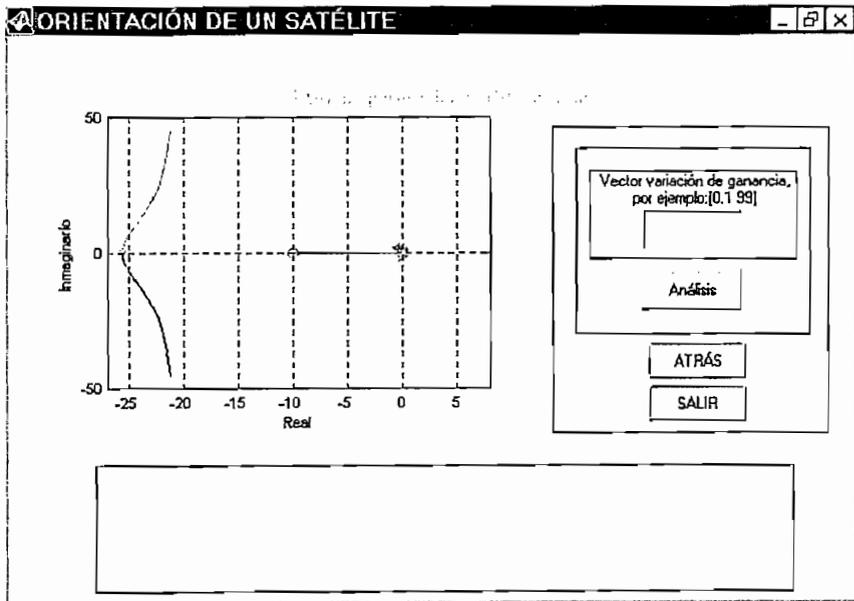
El sistema localizado con el control PD más el filtro muesca se puede ver en la pantalla 5.19. en donde se observa que la influencia del filtro muesca es negativa para el sistema, pues al compararlo con la respuesta temporal solo con el PD se ve que no es tan buena.

5.1.2.3. Sistema continuo con los parámetros más altos del rango de variación.

El programa esta diseñado de tal manera que se pueden variar k (constante de torsión) y d (constante de amortiguamiento), de acuerdo a un rango de variación.

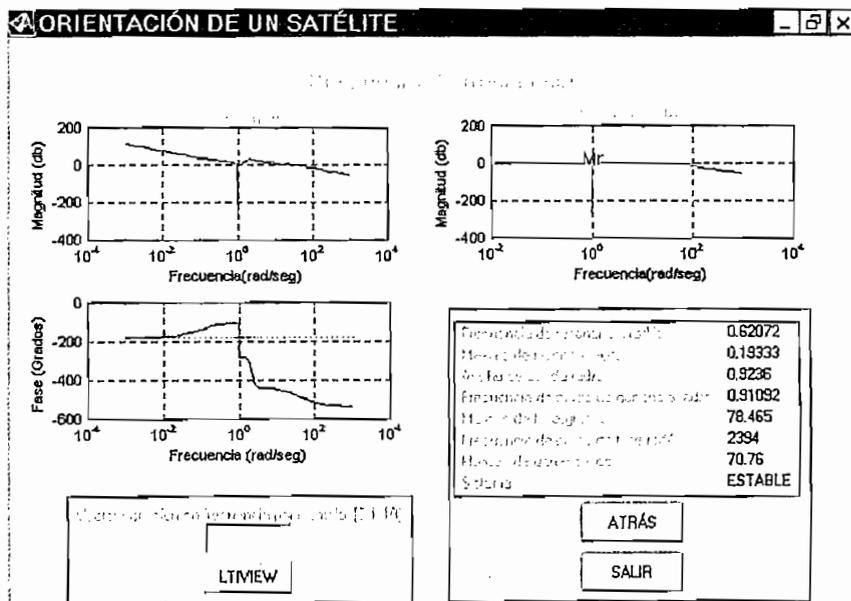


Pantalla 5.20. Respuesta temporal del sistema de control continuo no localizado al variar los parámetros de la planta



Pantalla 5.21. Lugar geométrico de las raíces del sistema de control continuo no localizado al variar los parámetros de la planta

Hasta ahora se ha trabajado con los valores límites más bajos (peor condición de diseño). En las pantallas 5.20, 5.21 y 5.22 se presenta las repuestas del diseño de control PD más filtro muesca con los parámetros del limite superior de la variación, y se puede ver que las respuestas siguen siendo satisfactorias, inclusive se tiene un aumento de los márgenes de fase y ganancia.

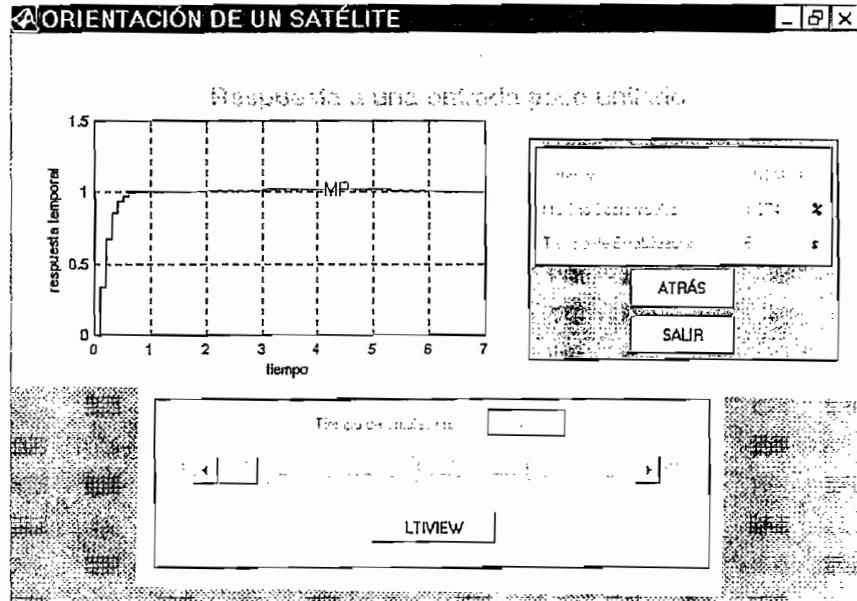


Pantalla 5.22. Respuesta de frecuencia del sistema de control continuo no localizado al variar los parámetros de la planta

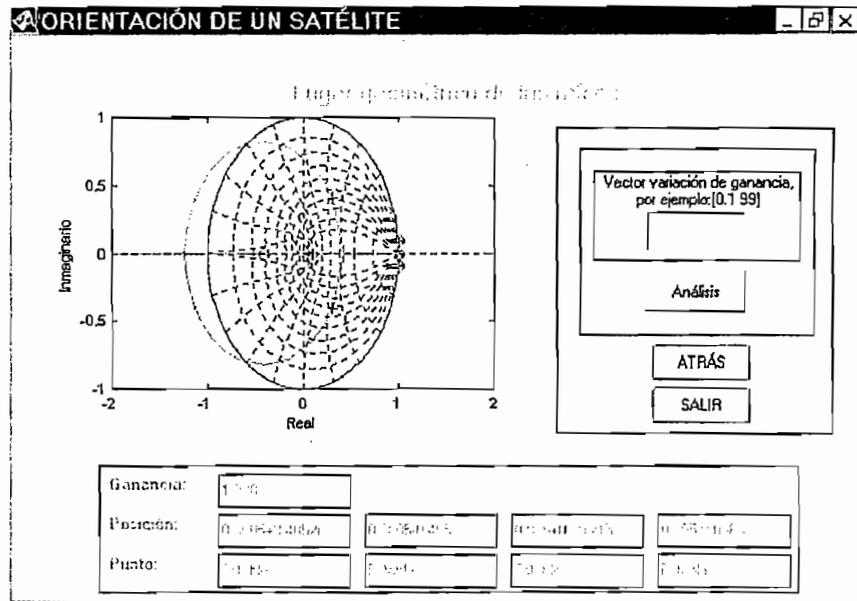
5.1.2.1. Control clásico para el sistema discreto

El control clásico discreto se hace discretizando el sistema de control continuo y presentan similares resultados que para el caso continuo cuando el tiempo de muestreo es 0.1, como lo muestran las pantalla 5.23 y 5.24 y 5.25

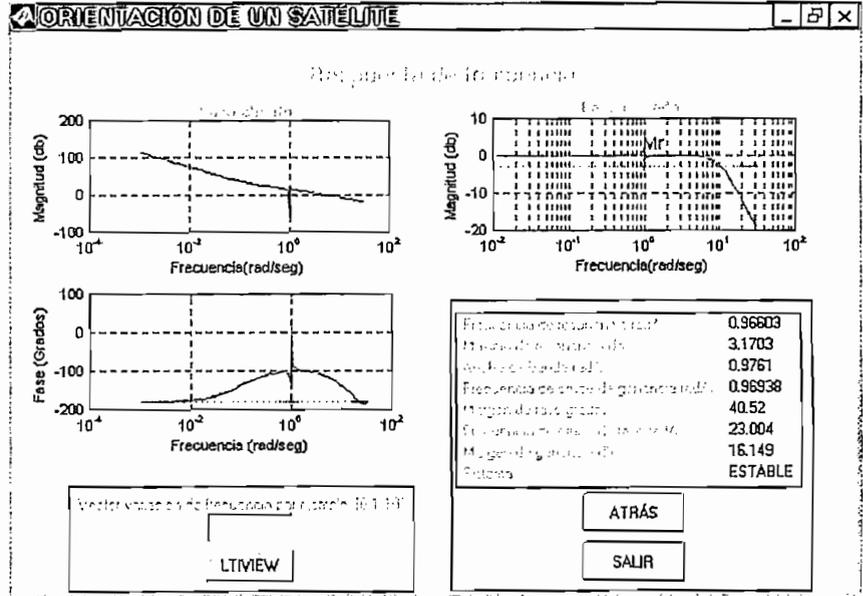
Con la finalidad de ver los efectos del cambio del tiempo de muestreo se trabaja con 0.4 (pantallas 5.26 y 5.27).



Pantalla 5.23. Respuesta temporal del sistema de control (PD + Filtro muesca) no localizado discreto para $T=0.1$

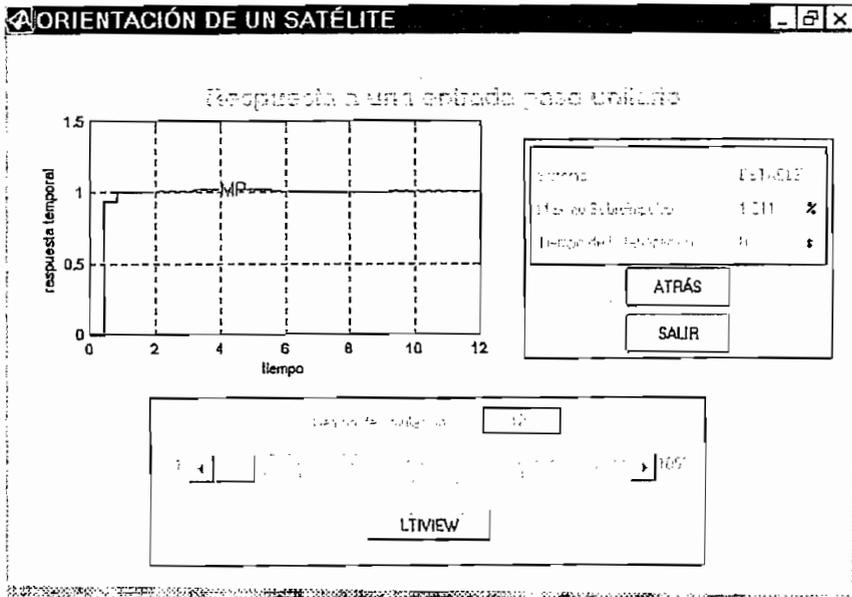


Pantalla 5.24. Lugar geométrico de las raíces del sistema de control (PD + Filtro muesca) no localizado discreto para $T=0.1$

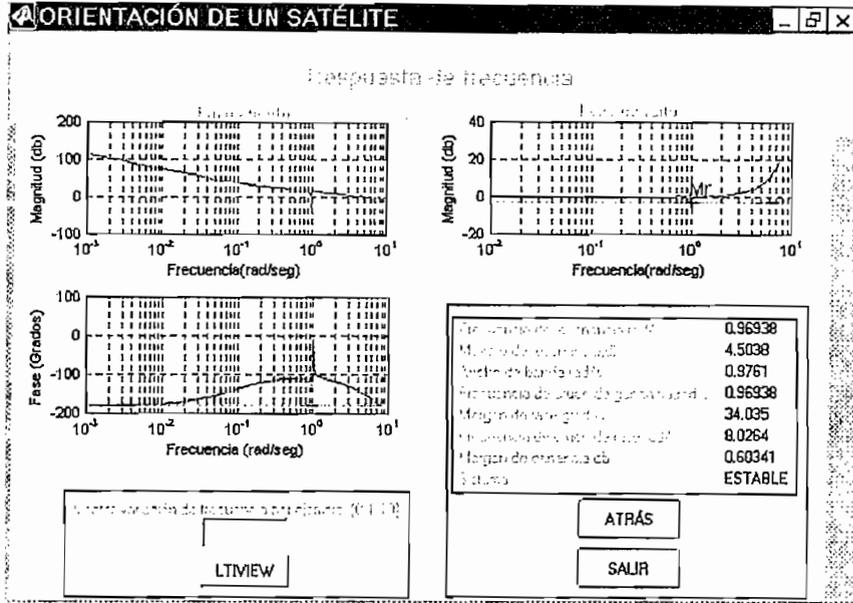


Pantalla 5.25. Respuesta de frecuencia del sistema de control (PD + Filtro muesca) no localizado discreto para T=0.1

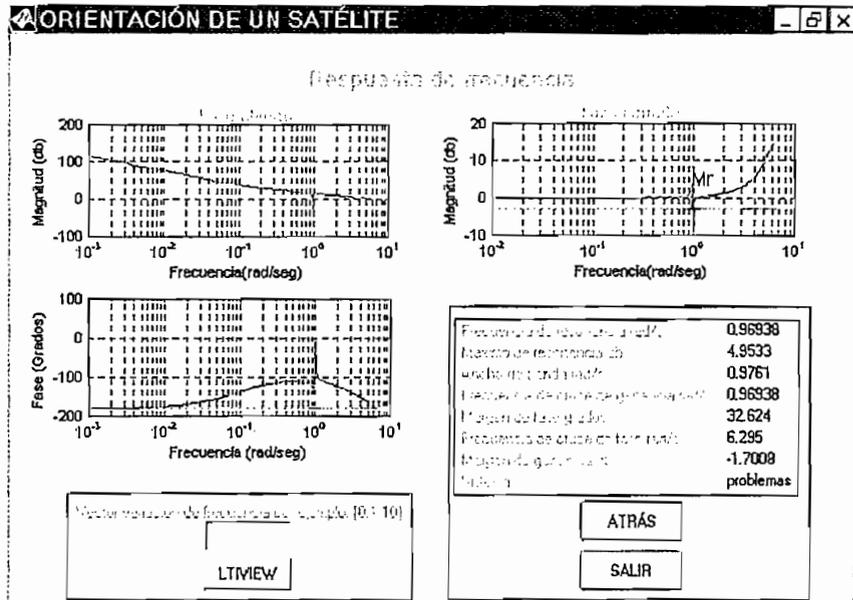
Se ve que a medida de que aumenta el período de muestreo, las respuestas se alejan de las condiciones satisfactorias, esto es, el tiempo de estabilización aumenta y los márgenes de fase y de ganancia disminuyen.



Pantalla 5.26. Respuesta temporal del sistema de control (PD + Filtro muesca) no localizado discreto para T=0.4



Pantalla 5.27. Respuesta de frecuencia del sistema de control (PD + Filtro muesca) no localizado discreto para T=0.4



Pantalla 5.28. Respuesta de frecuencia del sistema de control (PD + Filtro muesca) no localizado discreto para T=0.5

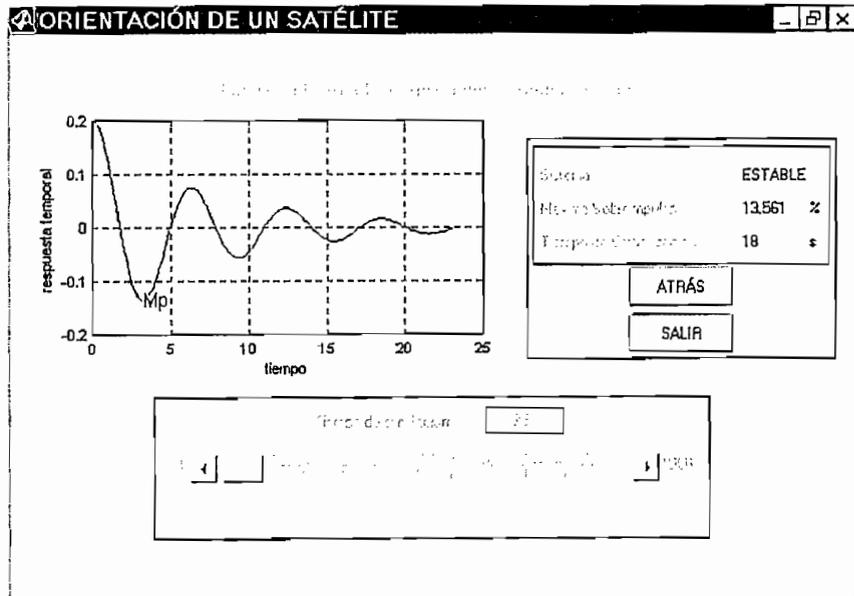
Inclusive para el tiempo de muestreo T=0.5 hay problemas en analizar la estabilidad.

5.1.3. RESULTADOS DEL CONTROL MODERNO

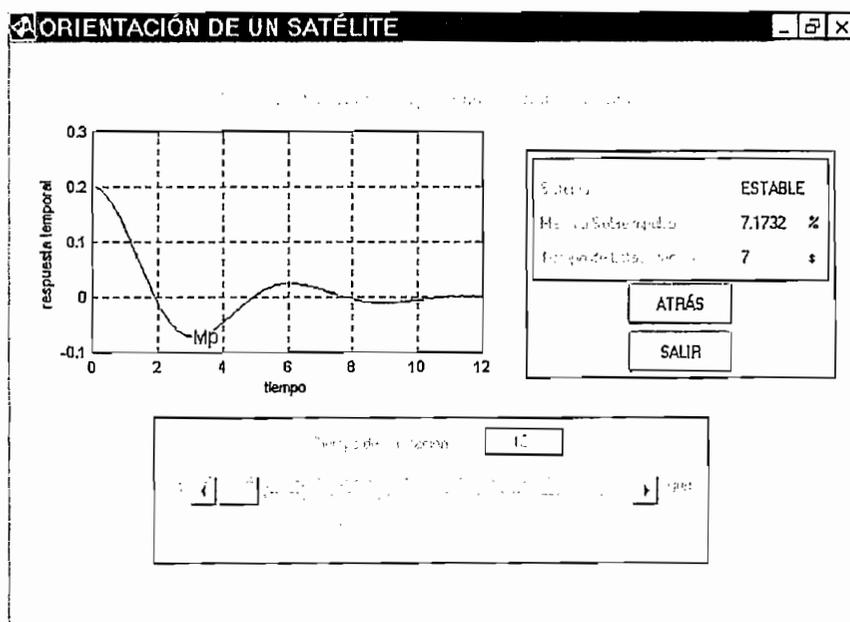
En el control en el espacio de estado se realiza la realimentación de estado, la estimación de estado y la realimentación más estimación de estado.

5.1.3.1. Realimentación de estado para el sistema continuo

En la realimentación de estado para el cálculo del vector K se emplea la localización de polos utilizando la técnica del lugar geométrico simétrico, ver pantalla 5.29 y también el comando `lqr` de MATLAB, ver pantalla 5.30. Al comparar las respuestas a las condiciones iniciales se tiene que el segundo caso es mejor.



Pantalla 5.29. Respuesta a una condición inicial del sistema con realimentación de estado con el vector K calculado a partir de la ubicación de los polos deseados utilizando el lugar de las raíces simétrico



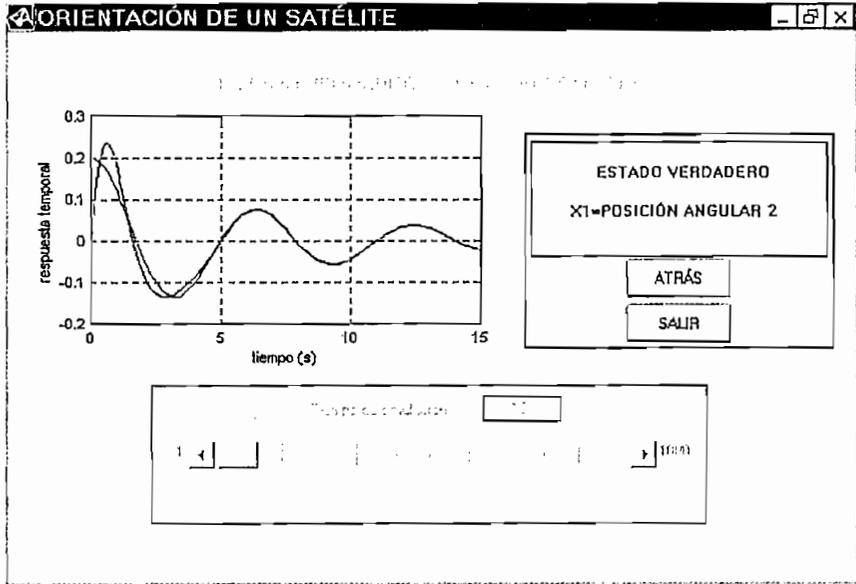
Pantalla 5.29. Respuesta a una condición inicial del sistema continuo con realimentación de estado con el vector K calculado con el comando `lqr`

5.1.3.1. Estimación de estado para el sistema continuo

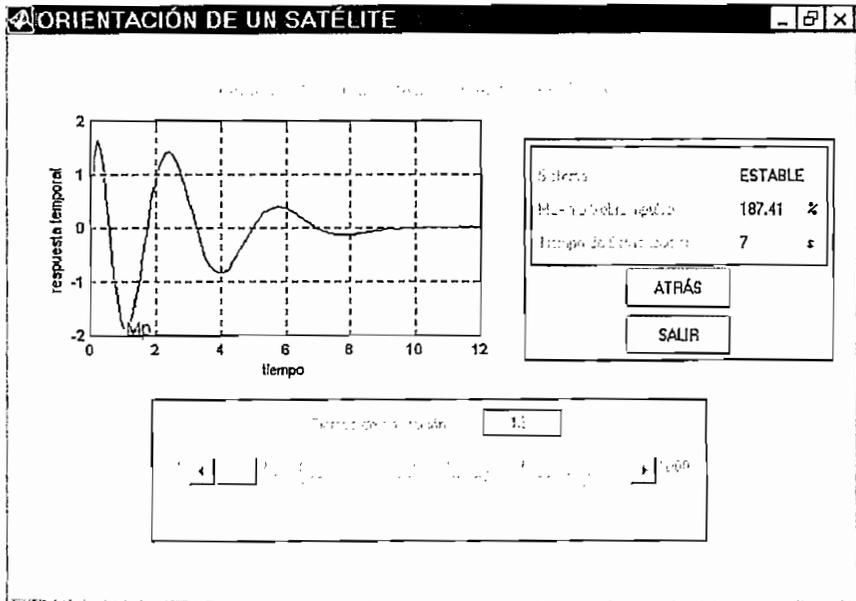
En la estimación de estado se permite graficar los estados verdaderos y estimados, ver pantalla 5.30. donde se observa claramente que el estimado converge al verdadero.

5.1.3.2. Realimentación más estimación de estado para el sistema continuo

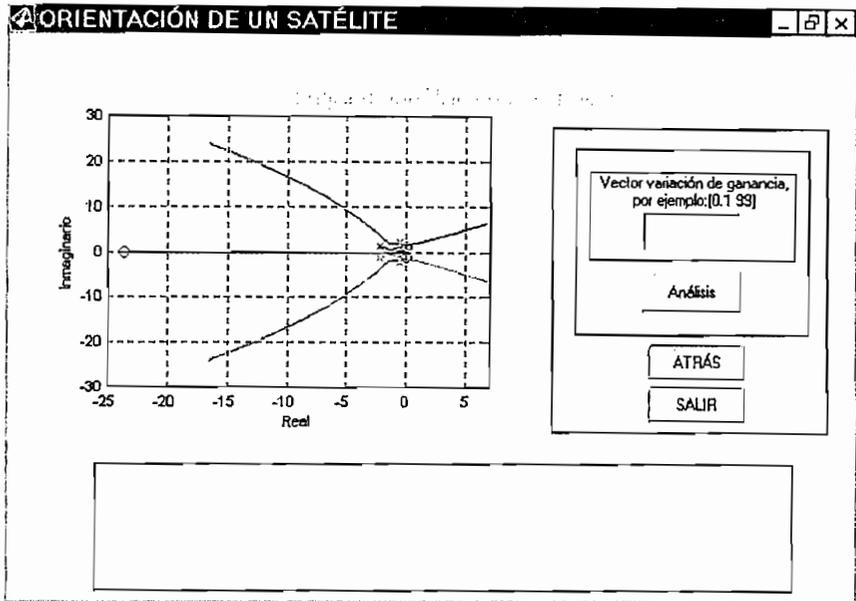
En el caso de la estimación más la realimentación de estado se grafican para el sistema compensado, la respuesta a una condición inicial, ver pantalla 5.31, el lugar geométrico de las raíces, ver pantalla 5.32. y la respuesta de frecuencia, pantalla 5.33. y se puede ver que las respuestas son satisfactorias.



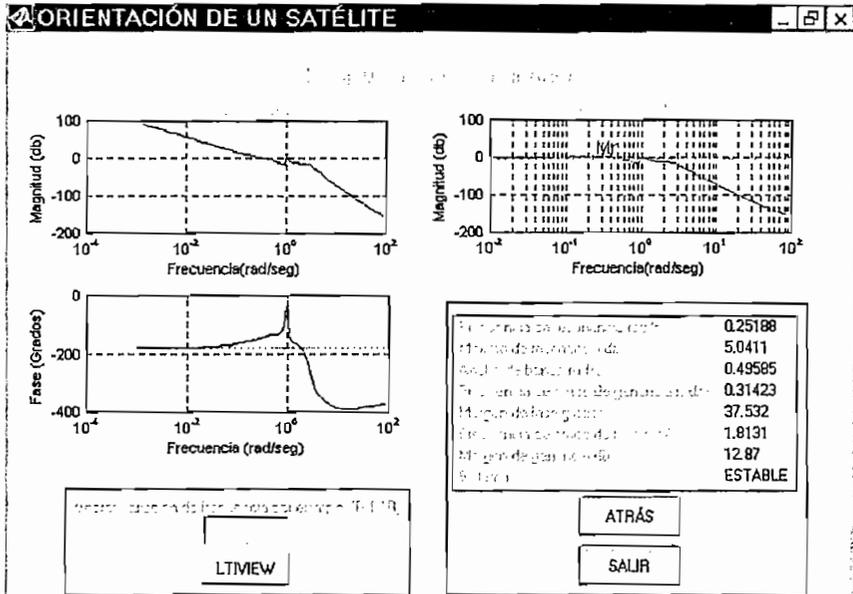
Pantalla 5.30. Estados (X1) verdadero y estimado, resultado de la estimación de estado para el sistema continuo



Pantalla 5.31. Respuesta a una condición inicial del sistema continuo con realimentación más estimación de estado

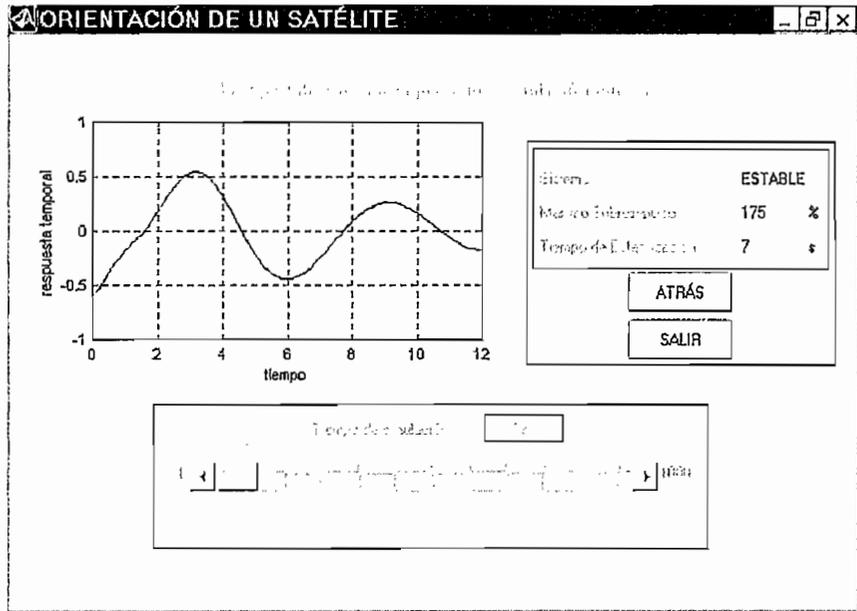


Pantalla 5.32. Lugar geométrico de las raíces del sistema continuo con realimentación más estimación de estado

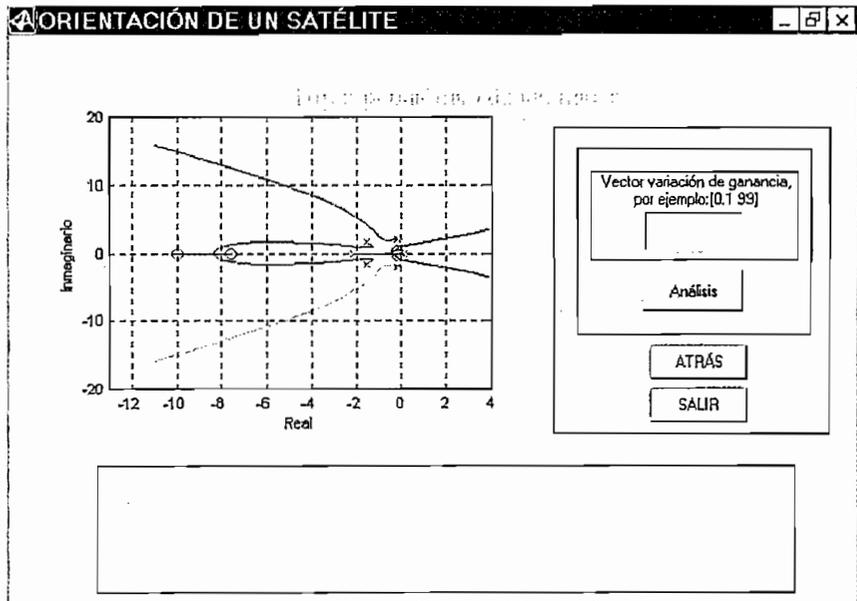


Pantalla 5.33. Respuesta de frecuencia del sistema continuo con realimentación más estimación de estado

Al igual que en el caso clásico, en el control moderno se analiza la situación para los valores máximos de k y d , y se tienen respuestas no satisfactorias, ver pantallas 5.34 y 5.35.



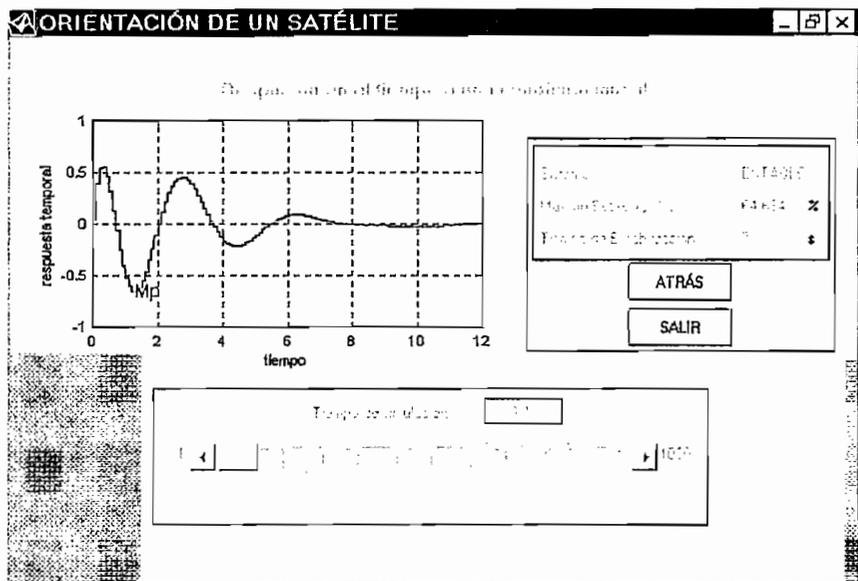
Pantalla 5.34. Respuesta a una condición inicial del sistema continuo con realimentación más estimación de estado para los parámetros del limite más alto de la variación



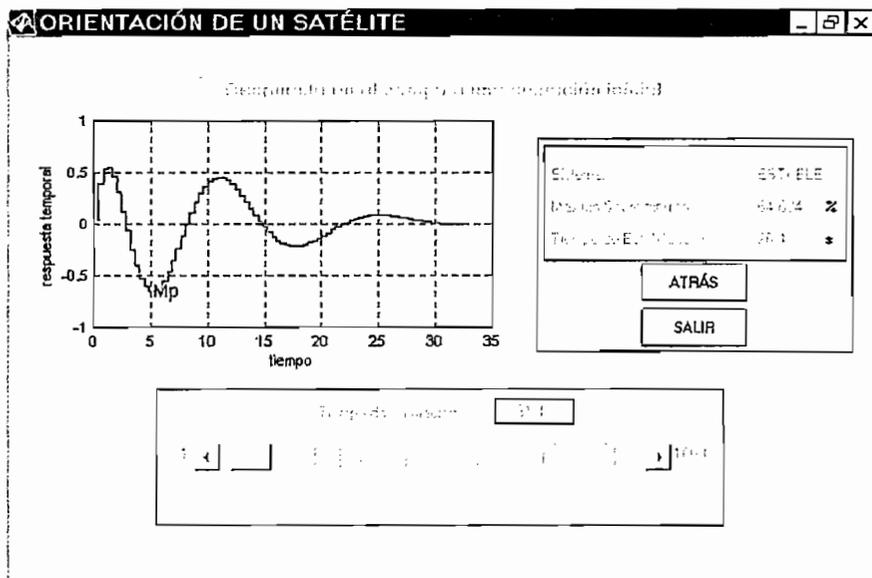
Pantalla 5.35. Lugar geométrico de las raíces del sistema continuo con realimentación más estimación de estado para los parámetros del limite más alto de la variación

5.1.3.3. Realimentación más estimación de estado para el sistema discreto

En el control moderno del sistema discreto se tiene los resultados para tiempos de estabilización $T=0.1$ y 0.4 , y al igual que en el caso clásico a medida de que aumenta T el sistema compensado se aleja de las condiciones satisfactorias. Situación que se ilustra en las pantallas 5.36 y 5.37.



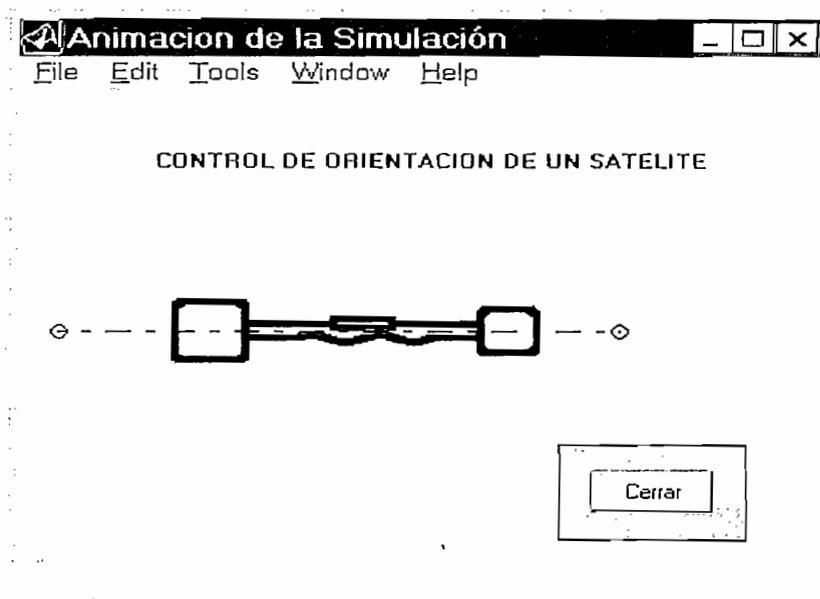
Pantalla 5.36. Respuesta a una condición inicial del sistema discreto con realimentación más estimación de estado para $T=0.1$



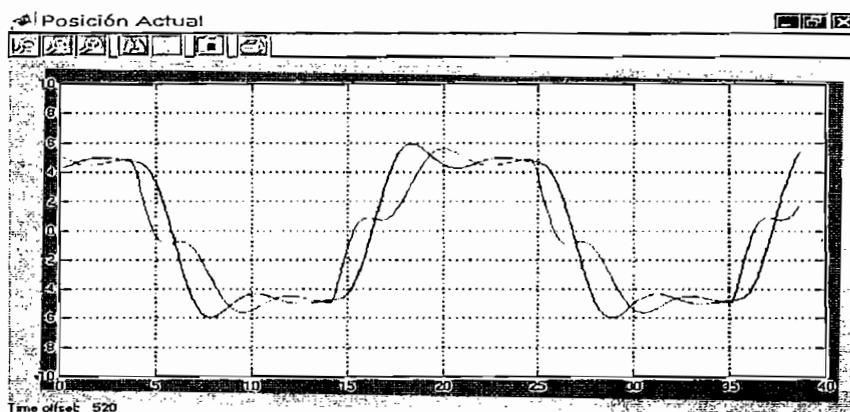
Pantalla 5.37. Respuesta a una condición inicial del sistema discreto con realimentación más estimación de estado para $T=0.4$

5.1.5. SIMULACION DINAMICA

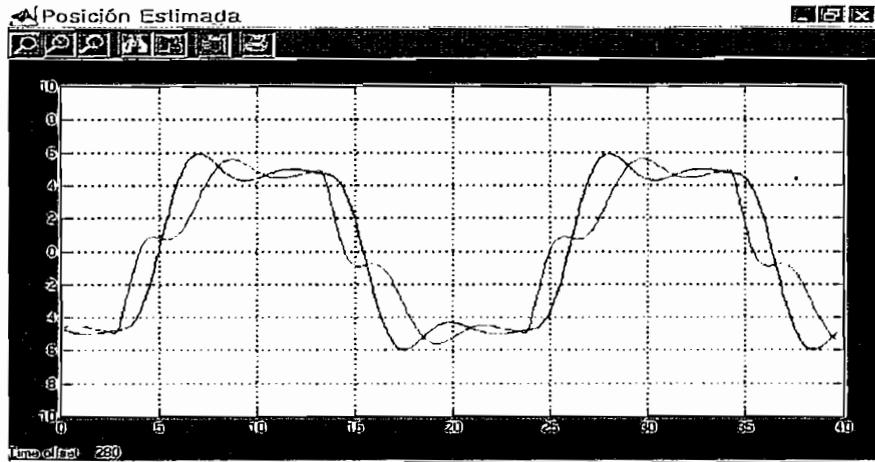
Al realizar la Simulación dinámica, se tienen como resultados la animación, ver pantalla 5.40. que presenta en forma gráfica el comportamiento del sistema, y las señales que brindan los osciloscopios, ver pantallas 5.41. y 5.42. de las posiciones verdaderas y las estimadas.



Pantalla 5.38. Animación del sistema continuo



Pantalla 5.39. Posiciones actuales del sistema que presenta el osciloscopio



Pantalla 5.40. Posiciones estimadas del sistema que presenta el osciloscopio

5.2. CONCLUSIONES

Al término de la tesis se tiene que se ha cumplido con:

- La modelación del sistema considerándolo como estructura flexible, utilizando diferentes métodos,
- La simulación del sistema en MATLAB que permite analizar el comportamiento dinámico mediante la respuesta temporal, el lugar geométrico de las raíces y la respuesta de frecuencia,
- El diseño de controles clásicos y modernos.

Constituyéndose este trabajo como un caso de estudio completo.

- Al familiarizarse con MATLAB y con SIMULINK en el desarrollo del programa, se puede apreciar las facilidades de trabajo que estos paquetes presentan.
- Al analizar el sistema mediante la función de transferencia se tiene que se presentan dos casos: el localizado y el no localizado. El

localizado se da cuando el actuador y el sensor están ubicados en el mismo cuerpo y el no localizado cuando están en cuerpos separados.

- Para el caso localizado no se tienen los efectos de resonancia, porque el sistema mismo se encarga de cancelarlos con los ceros que introduce, situación que no ocurre en el no localizado, pues en este influye el acoplamiento de las masas.
- En el diseño de control clásico para el sistema no localizado es necesario colocar un filtro muesca para que cancele los polos de resonancia y que agregue al sistema un polo que esté en los alrededores del cero de la planta ($s=-25$), razón por la cual el filtro que cumple con estas condiciones es complejo.
- Se utilizan algoritmos que permiten analizar el comportamiento dinámico de los sistemas. En la respuesta temporal se calcula el tiempo de estabilización y el máximo sobreimpulso. En el lugar geométrico de las raíces se analiza la estabilidad ubicando con el cursor los puntos deseados. En la respuesta de frecuencia se calcula los márgenes de fase y ganancia, las frecuencias de cruce de ganancia y de fase, el máximo de resonancia, la frecuencia de resonancia y el ancho de banda.
- Se relacionan las técnicas de control clásicas y modernas al obtener la respuesta temporal, el lugar geométrico de las raíces y la respuesta de frecuencia para cada caso.
- Al variar los parámetros k (constante de torsión) y d (constante de amortiguamiento) de la planta se puede verificar la robustez de los

diseños. Del análisis de los resultados se tiene que el control clásico es más robusto que el moderno, para este caso de estudio.

- La ventaja del control moderno es que no es necesario colocar un filtro muesca para estabilizar la planta.
- En la realimentación de estado se calcula K ubicando los polos utilizando la técnica del lugar geométrico de las raíces simétrico y con el comando `lqr` de MATLAB dando diferentes pesos a los valores de las matrices Q y R , y se compara las respuestas a una condición inicial en los dos casos. Se observa que es mejor el comando `lqr`.
- Los resultados del estimador muestran que se puede trabajar con estados estimados y no necesariamente con estados medidos.
- Con la ayuda de las pantallas se ve claramente como afecta el tiempo de muestreo (T) en el control discreto, dando respuestas menos satisfactorias a medida que aumenta T .
- Para el diseño del control discreto en variable de estado no se puede obtener el lugar geométrico de las raíces ni la respuesta de frecuencia, por limitaciones de software, ya que se tienen ganancias muy pequeñas que el MATLAB reconoce como cero.
- La simulación dinámica permite entender como trabaja el sistema realimentación más estimación de estado, ya que el diagrama de bloques que se emplea, realizado en SIMULINK, es muy ilustrativo.

- Los resultados obtenidos de la respuesta del sistema y de la simulación dinámica; esto es, la pantalla de animación y las señales de los osciloscopios, permiten visualizar el efecto de las ganancias K y L en el sistema de control moderno.

5.3. RECOMENDACIONES

- La ubicación de los polos en el control moderno se puede hacer utilizando otras técnicas como son: segundo orden dominante y diseño de prototipos, que se podrían implementar en estudios posteriores.
- El control discreto clásico se realiza por dos métodos: discretizando al sistema y diseñando algoritmos discretos, en este trabajo se realiza el primero, se sugiere trabajar en el segundo método.
- La simulación dinámica es un campo muy amplio por lo que se aconseja hacer un proyecto de titulación en el que se analice detallada y profundamente algunos casos de estudio.

BIBLIOGRAFIA

- GENE F. FRANKLIN & J. DAVID POWEL, Control de sistemas dinámicos con retroalimentación, Addison - Wesley Iberoamericana, Impreso en EUA.
- GENE F. FRANKLIN, J. DAVID POWEL & MICHAEL WORKMAN, Digital Control of Dynamic Systems, Addison - Wesley Iberoamericana, Third edition, 1998.
- KATSUHIKO OGATA, Ingeniería de Control Moderna, Editorial Prentice/Hall Internacional, 1970.
- M. E. VAN VALKENBURG, Análisis de redes, Editorial Limusa, 1991.
- PAUL BILDSTEIN, Filtros Activos, Segunda edición, Editorial Paraninfo, editions Radio, París (Francia).
- MARIA DEL CARMEN DIAZ, Herramienta iterativa para el estudio de estabilidad, Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional
- Demos de MATLAB
- Demos de SIMULINK

ANEXOS

A. MANUAL DE USUARIO

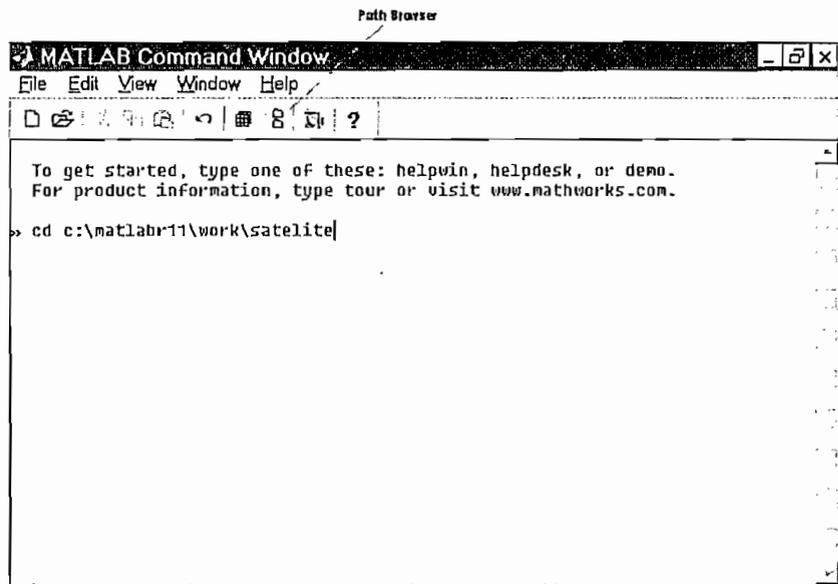
El programa está realizado en MATLAB 5.3. Consta de archivos.m y archivos.mat enlazados de tal manera que se puede trabajar fácilmente mediante pantallas con sus respectivos menús.

El programa está a disposición en disquetes. Para la utilización se tienen que descargar en una carpeta SATELITE creada en el directorio **work** de MATLABR11.

El programa corre al escribir en el prompt de MATLAB

```
cd c:\matlabr11\work\SATELITE
```

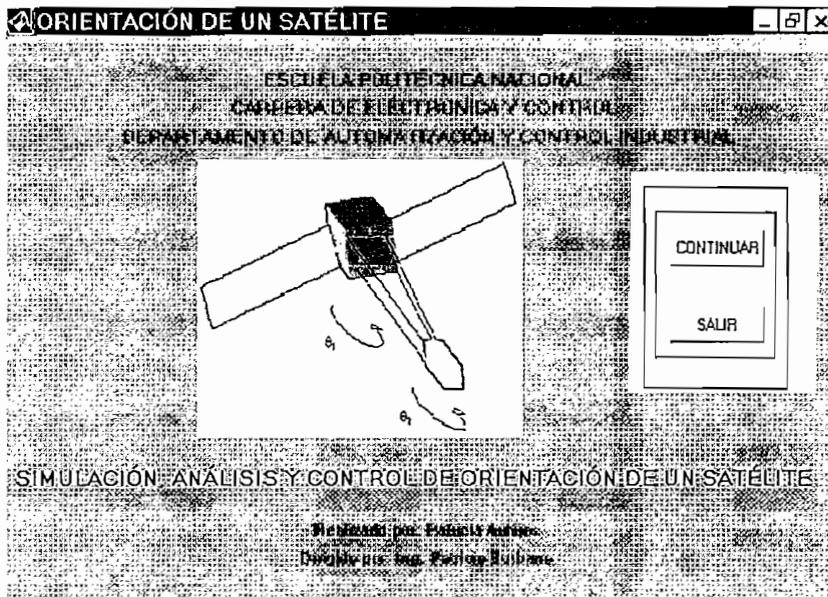
luego enter y a continuación la palabra **orientacion**.



Pantalla A.1. Opciones para ingreso al programa

O en el menú de la pantalla de MATLAB en la opción Path Browser añadir el path "c:\matlabr11\work\SATELITE" y luego la palabra **orientacion**, como se muestra en la pantalla A.1.

El programa comienza con la pantalla A.2 en la que se hace una presentación del trabajo y permite continuar o salir según desee el usuario.

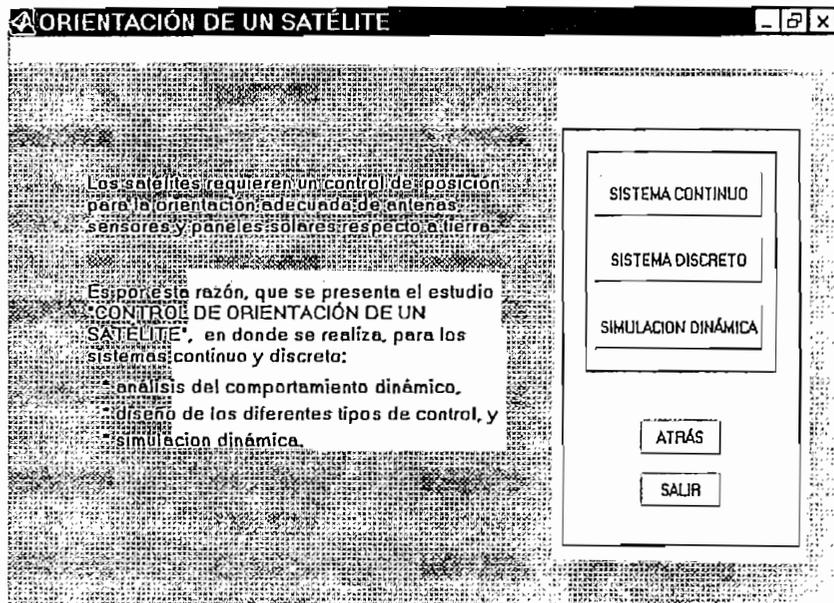


Pantalla A.2. Pantalla de inicio

Todas las pantallas del programa permiten regresar a la pantalla anterior, continuar o salir.

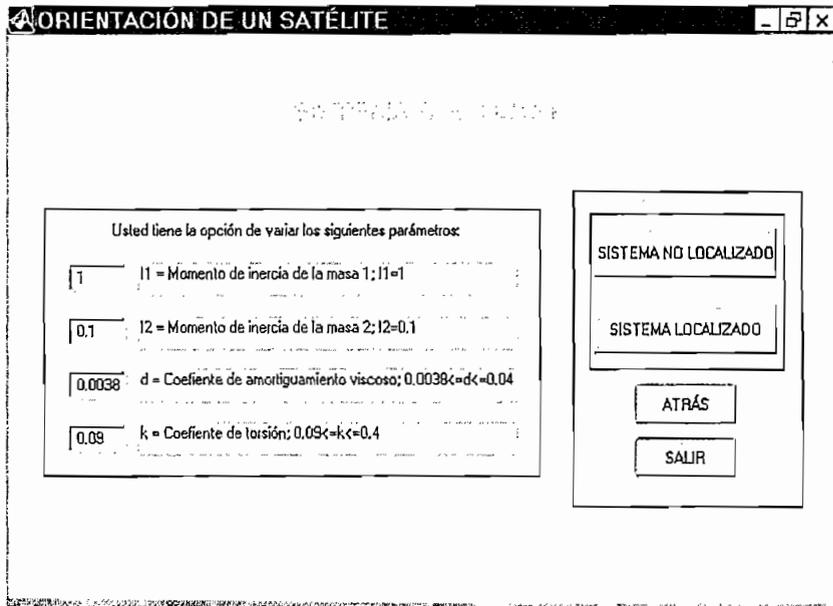
La pantalla que viene a continuación es la que permite elegir las opciones de trabajar con el sistema continuo, con el discreto o con la

simulación dinámica, como se presenta en la pantalla A.3, para elegir alguna de ellas basta con presionar el botón que lleve el nombre que desee.



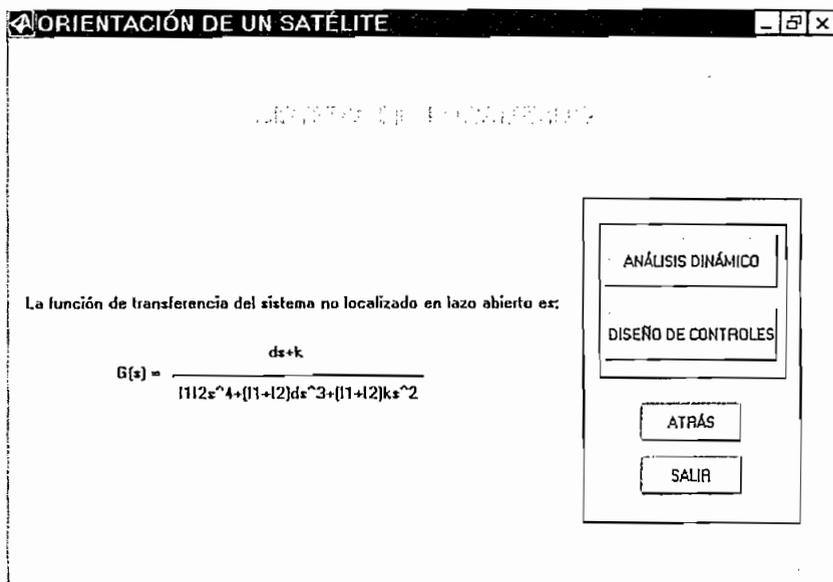
Pantalla A.3. Opciones del programa

Si usted escogió SISTEMA CONTINUO, aparece la pantalla A.4. en la que se puede variar los valores de los parámetros (k y d) de la planta según como se analizó en teoría.



Pantalla A.4. Sistema continuo

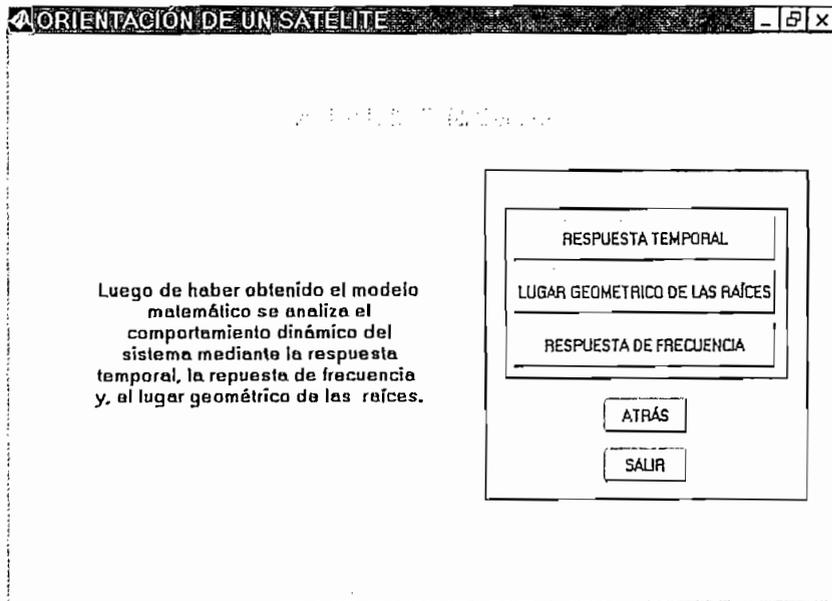
También permite analizar los sistemas localizado y no localizado a través del menú de opciones.



Pantalla A.5. Opciones para el sistema continuo no localizado

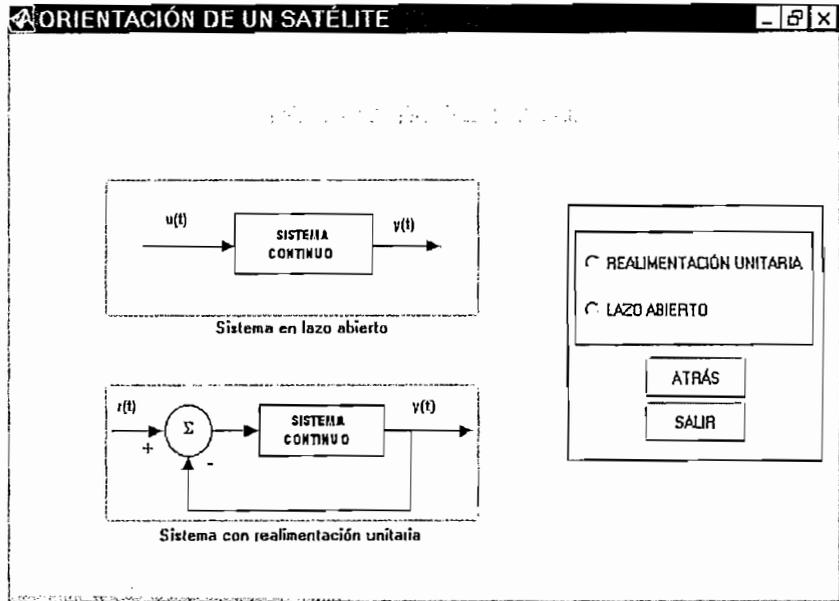
Tanto para el sistema localizado como para el no localizado se tienen las opciones de análisis dinámico y de diseño de controles. Se presentan las funciones de transferencia para cada caso, como se puede ver en la pantalla A.5. para el caso no localizado.

El análisis dinámico se presenta en la pantalla A.6. donde se aprecia que se puede analizar al sistema mediante la respuesta temporal, el lugar geométrico de las raíces y la respuesta de frecuencia.



Pantalla A.6. Análisis dinámico del sistema

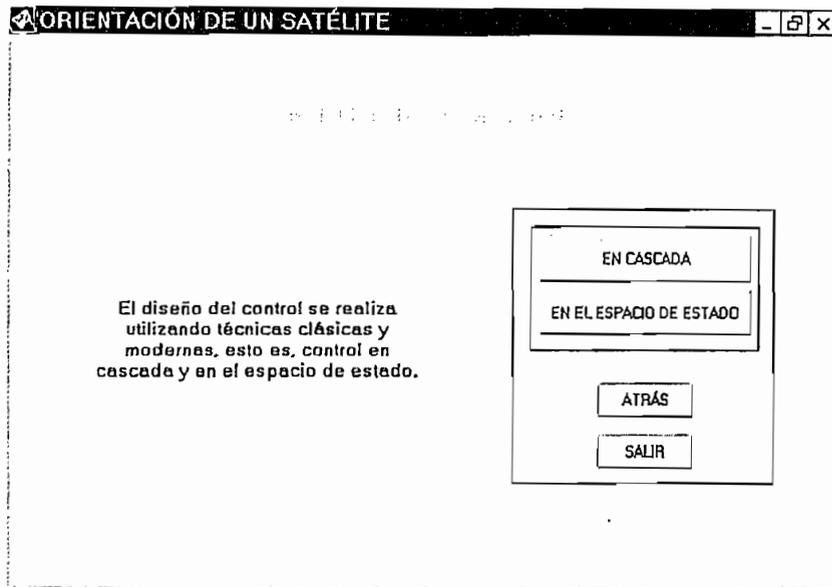
Para la respuesta temporal se tienen las opciones de lazo abierto y lazo cerrado, como se tiene en la pantalla A.7.



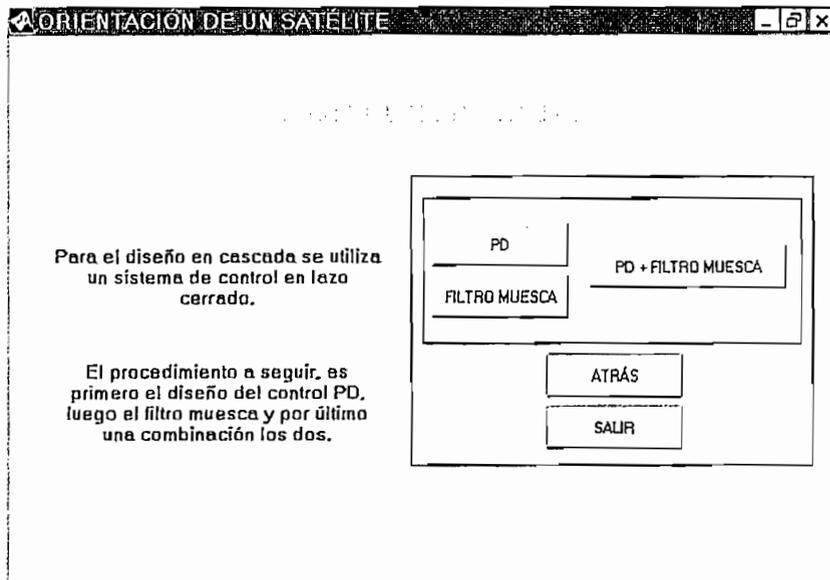
Pantalla A.7. Opciones para la respuesta temporal

El diseño de control se realiza utilizando técnicas clásicas y técnicas modernas, la pantalla A.8 permite escoger entre ellas.

En el caso clásico se realiza control en cascada, con las opciones de diseñar por separado el control PD y el FILTRO MUESCA que se necesita e implementar el control PD + FILTRO MUESCA, como se muestra en la pantalla A.9.

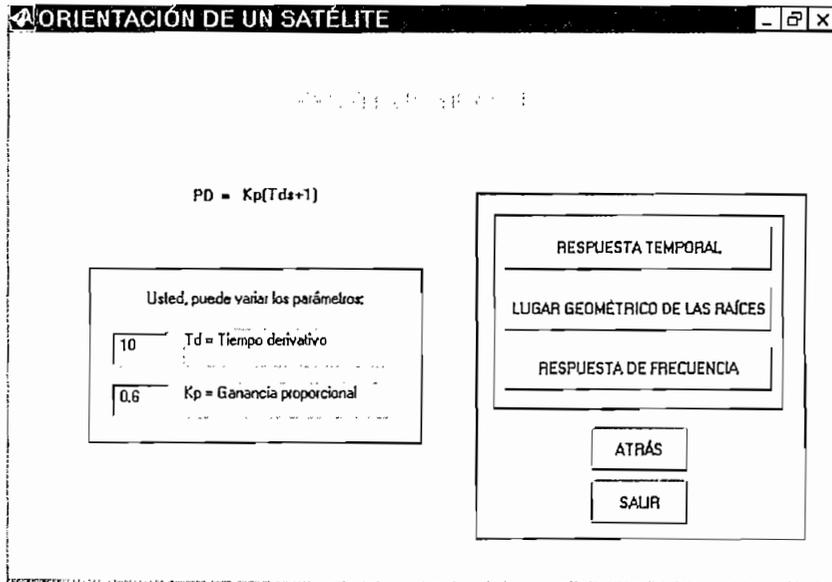


Pantalla A.8. Opciones de control



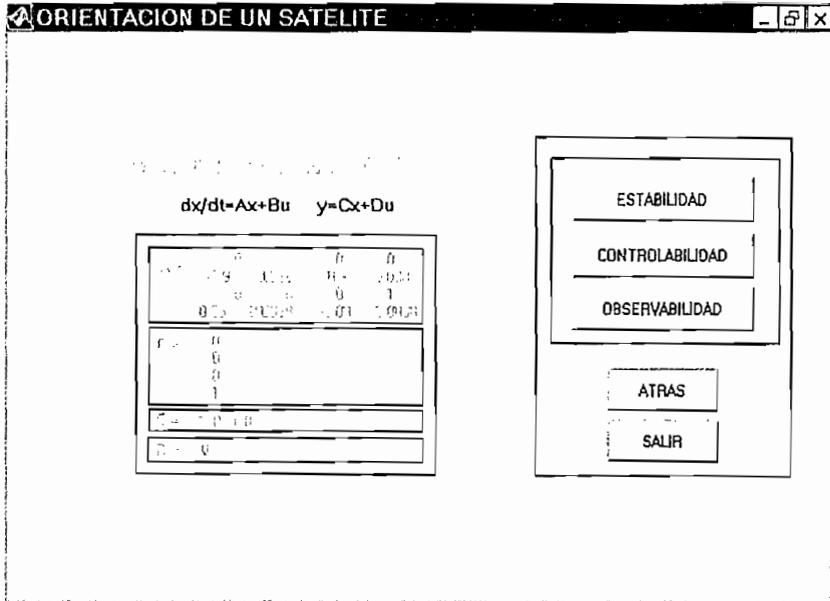
Pantalla A.9. Opciones del control en cascada

Al ingresar a estas opciones se tiene la posibilidad de variar los parámetros y de graficar la respuesta temporal, el lugar geométrico de las raíces y la respuesta de frecuencia, como por ejemplo para el caso del control PD que se presenta en la pantalla A.10.

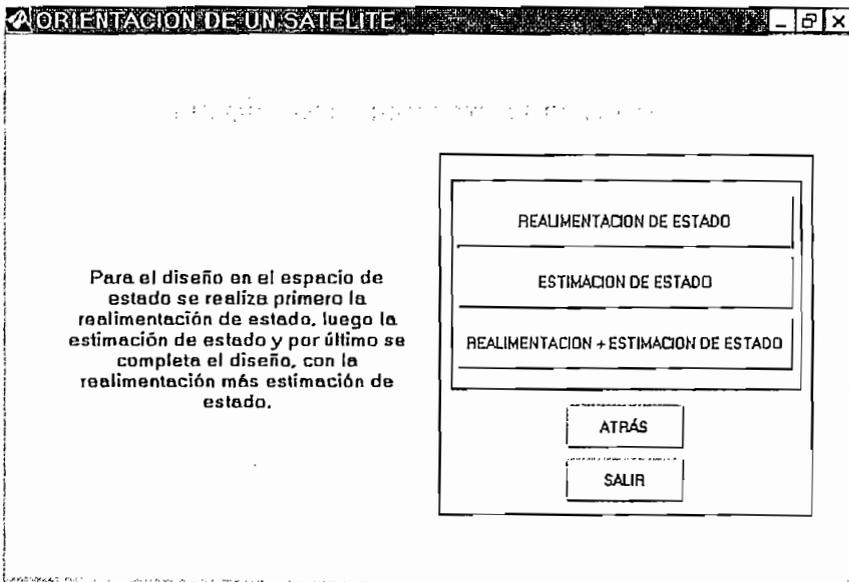


Pantalla A.10. Permite probar el diseño del control PD

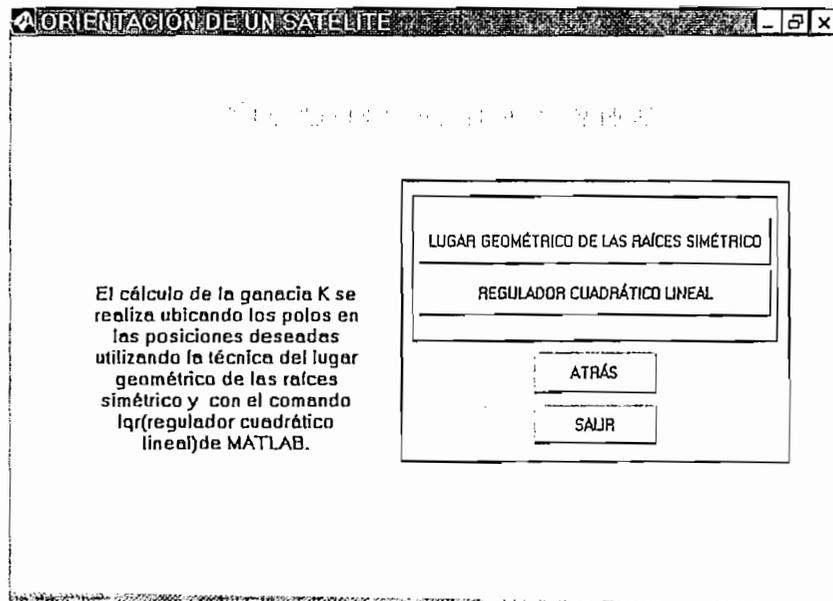
Antes de realizar el diseño en el espacio de estado se hace un análisis de sistema determinando la estabilidad, la controlabilidad y la observabilidad, la pantalla A.11. presenta al sistema y estas opciones.



Pantalla A.11. Análisis del sistema en el espacio de estado



Pantalla A.12. Opciones de diseño del control en el espacio de estado



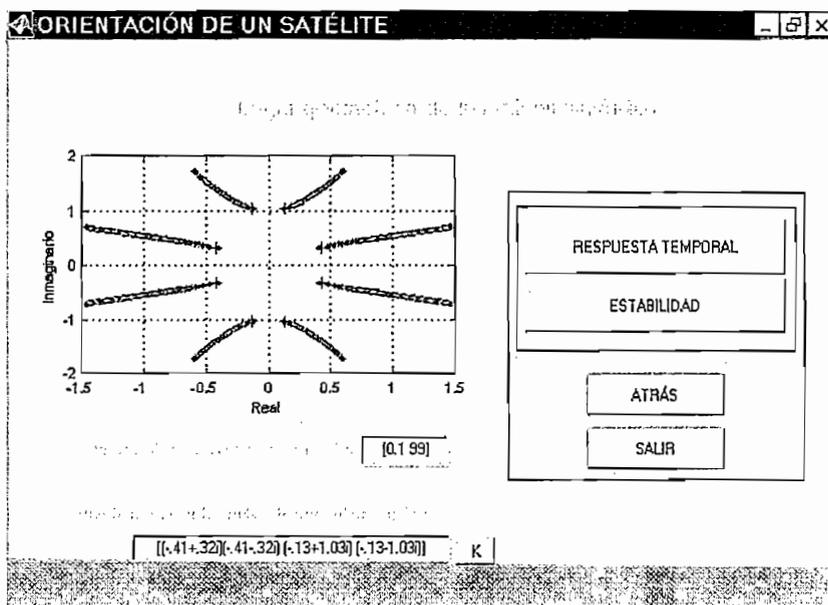
Pantalla A.13. Cálculo del vector K para realimentación de estado

El control en el espacio de estado se realiza diseñando la realimentación de estado, la estimación de estado y la realimentación más la estimación de estado, en la pantalla A.12 se puede elegir de entre ellas.

Para la realimentación de estado se presentan las opciones de calcular el vector K mediante la ubicación de los polos en el lugar geométrico simétrico, y con la ayuda del comando lqr de MATLAB. La pantalla A.13 ilustra esta situación.

Las pantallas para el cálculo de la ganancia L en el caso del estimador de estado y de las ganancias K y L para la realimentación más la estimación de estado son similares a la A.13, con la diferencia que para estos solo se tiene la opción del lugar geométrico simétrico.

En la realimentación de estado se puede ver la estabilidad del sistema con el vector K, la respuesta del sistema a una condición inicial y lo más importante, permite cambiar la

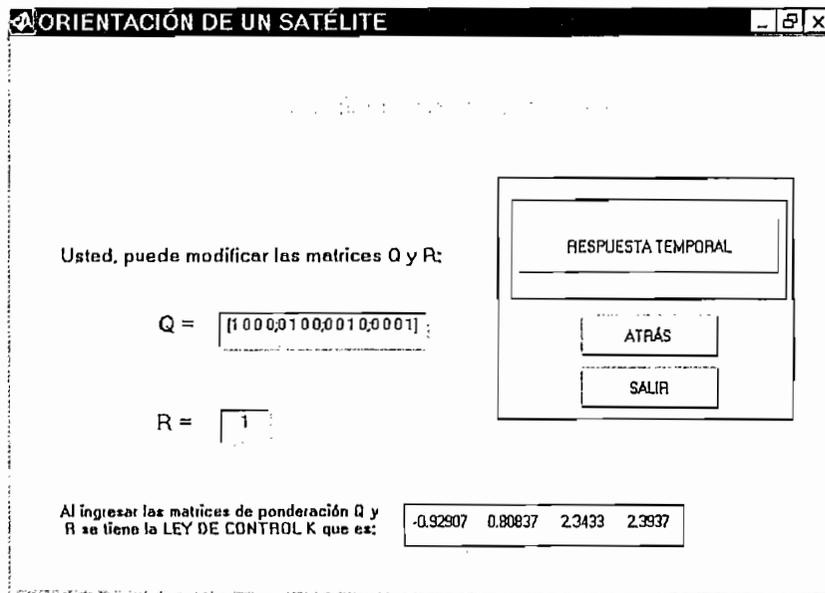


Pantalla A.14. Opciones que tiene la realimentación de estado

ubicación de los polos al ingresar el vector ganancia en la casilla correspondiente y ubicando con el cursor los polos deseados para

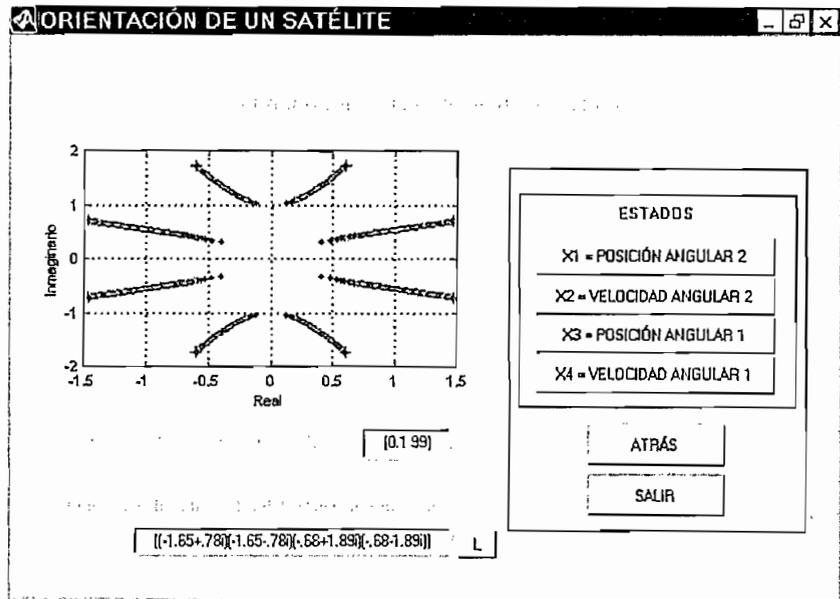
observar el resultado en la pantalla de MATLAB, como se presenta en la pantalla A.14.

Para el cálculo del vector K con el uso del comando `lqr` se presenta la pantalla A.15. en esta para obtener K es necesario el ingreso de las matrices Q y R. Además permite observar la respuesta a una condición inicial.



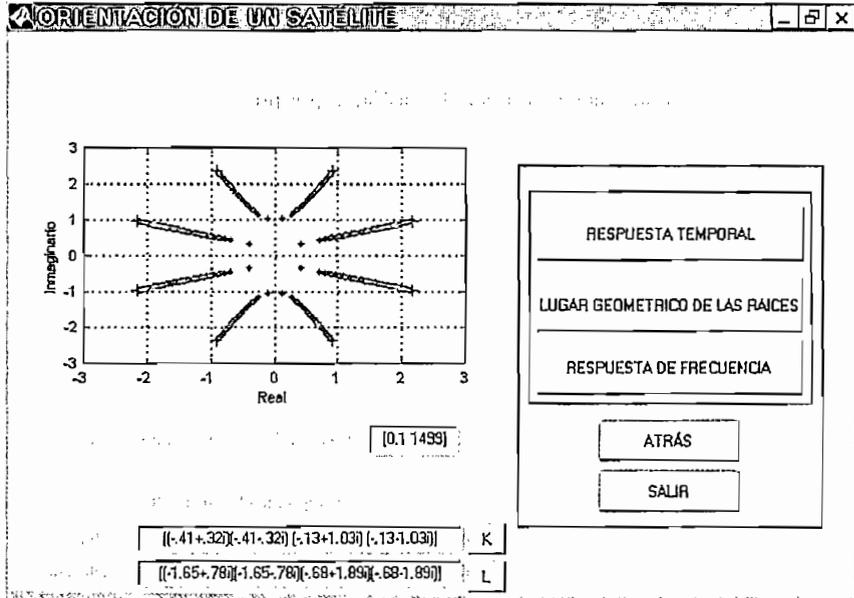
Pantalla A.15. Obtención de vector K con el comando `lqr`.

La pantalla A.16 presenta al estimador de estado con la opción de cambiar la ubicación de los polos para el cálculo de L, y la de observar los estados verdaderos con sus respectivos estimados.



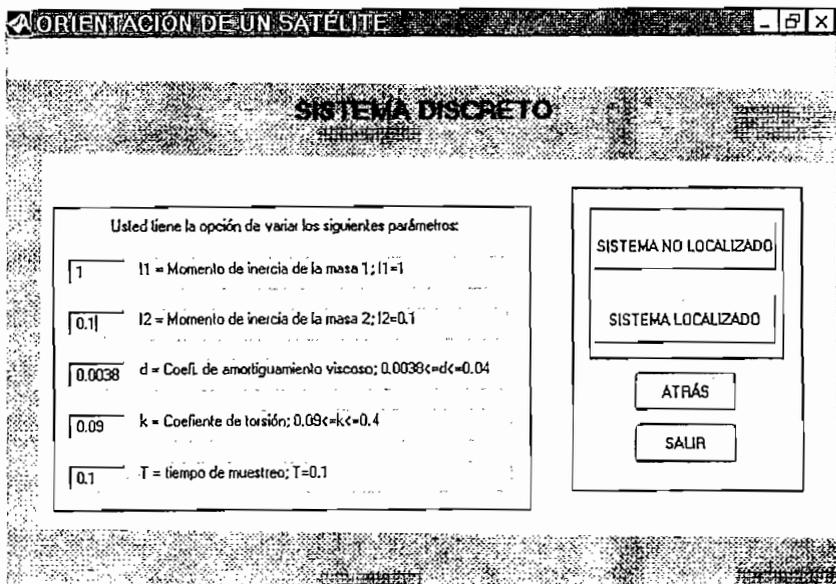
Pantalla A.16. Opciones del estimador de estado

Para la realimentación más estimación de estado se presenta en la pantalla A.17 la opción de cambiar la ubicación de los polos tanto para el cálculo de K como de L, cabe mencionar que para el cálculo de K se toma el último método utilizado en la realimentación de estado, esto es, si la última vez se uso el lugar geométrico de las raíces simétrico, para el regulador se toma el vector de los polos deseados, pero si se tomó la opción del lqr, no se calcula K, y se toma el ya calculado. También se tienen las opciones de análisis del sistema de control, esto es, la respuesta temporal, el lugar geométrico de las raíces y la respuesta de frecuencia.



Pantalla A.17. Opciones de la realimentación más estimación de estado (regulador)

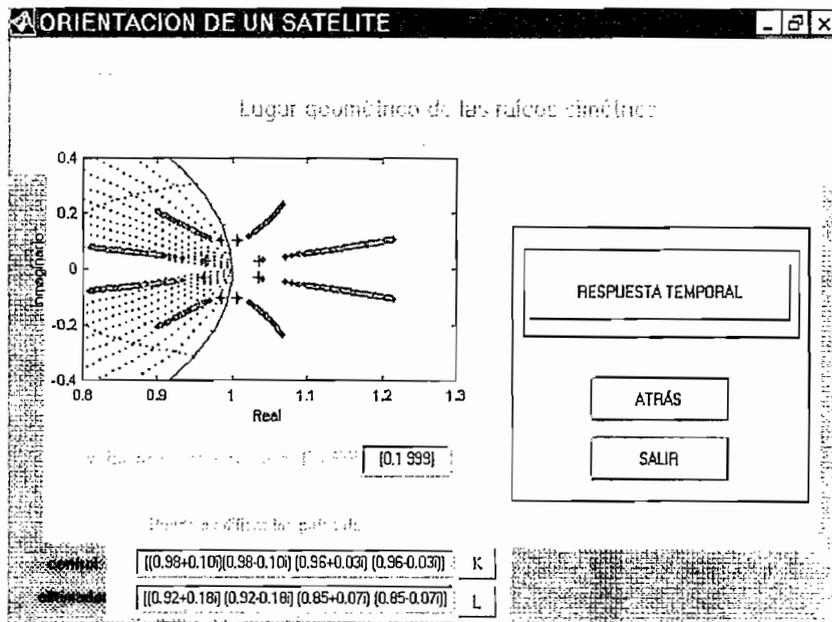
Si en la pantalla A.3. usted eligió la opción SISTEMA DISCRETO, ingresa a la pantalla A.18. en donde se permite variar los parámetros de la planta, incluido el tiempo de muestreo.



Pantalla A.18. Sistema Discreto

Para el caso discreto, se presentan pantallas similares a las del sistema continuo ya presentadas, tanto para el caso localizado como para el no localizado de análisis dinámico y diseño del control.

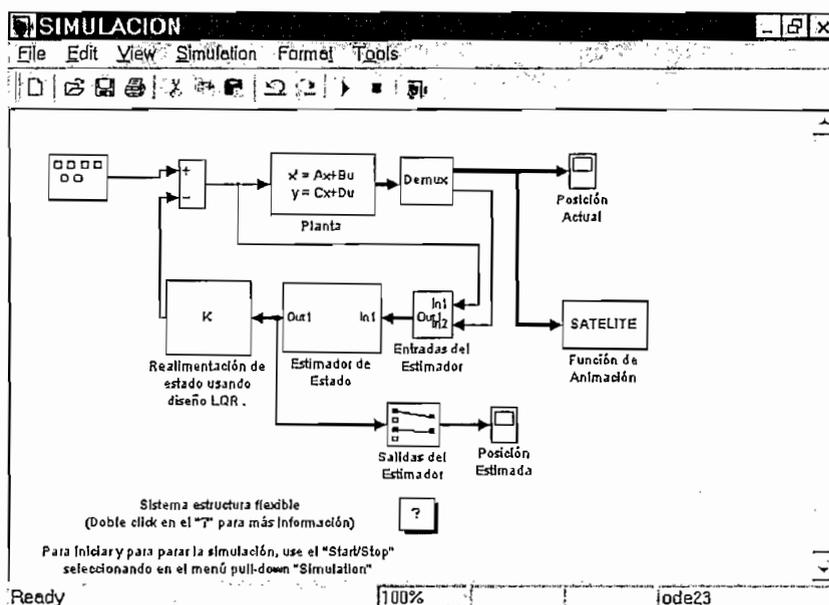
La única diferencia es en la pantalla de realimentación más estimación, en control en el espacio de estado discreto, pues no se tiene las opciones de observar el lugar geométrico de las raíces ni la respuesta de frecuencia, como se puede apreciar en la pantalla A.19.



Pantalla A.19. Estimación más realimentación de estado discreto

Al escoger la opción SIMULACION DINAMICA, de la pantalla A.3. se ingresa al modelo del sistema realizado en SIMULINK de MATLAB, en

donde se presentan las opciones de correr la simulación y de observar el comportamiento tanto en los osciloscopios como a través de la pantalla de animación. En la pantalla A.20. se presenta el modelo de la planta.



Pantalla A.20. Modelo de la planta en SIMULINK

B.LISTADO DE PROGRAMAS

ANIMACION

```
function
figNumber=animacion(namestr);

if ( nargin == 0);
    namestr = 'Simulink Animación';
end

[existFlag,figNumber]=figflag(namestr)
;

if ~existFlag,
    figNumber=figure( ...
        'Name',namestr, ...
        'NumberTitle','off', ...
        'BackingStore','off', ...
        'Position', [104 45 400 300],...
        'Color',[ 1 0.9 0.8 ] );
    b = uicontrol('Parent',figNumber, ...
        'Units','points', ...
        'Position',[48.75 183.75 211.5
15], ...
        'FontSize',10, ...
        'FontWeight','bold', ...
        'Background',[ 1 0.9 0.8 ],...
        'ForegroundColor',[0 0 0], ...
        'String','CONTROL DE
ORIENTACION DE UN SATELITE', ...
        'Style','text', ...
        'Tag','StaticText1');
    axes( ...
        'Units','normalized', ...
        'Position',[0.05 0.05 0.70 0.95], ...
        'Visible','off', ...
        'DrawMode','fast');

    h=uicontrol( ...
        'Style','frame', ...
        'Units','normalized', ...
        'Position',[0.6725
0.11333333333333333 0.235 0.19], ...
        'BackgroundColor',[0.8 0.5 0.5]);

    callbackStr='close(gcf)';
    closeHndl=uicontrol( ...
        'Style','pushbutton', ...
        'Units','normalized', ...
        'Position',[0.715 0.17 0.15 0.08], ...
        'String','Cerrar', ...
        'Callback',callbackStr);
end
```

```
cla reset;
set(gca,'DrawMode','fast');
axis off;
```

```

CONTINUO
function
[num,den]=continuo(action,s);

if nargin<1,
    action='initialize';
end

if strcmp(action,'initialize'),
    clear all;
    clc;
    close all;

load continuo;

figuracontinuo = figure('Units','points',
...
    'Color',[0.85 0.75 0.15], ...
    'Colormap',mat0, ...
    'MenuBar','none', ...
    'Name','ORIENTACIÓN DE UN
SATÉLITE', ...
    'NumberTitle','off', ...
    'PointerShapeCData',mat1, ...
    'Position',[-0.75 23.25 480 304.5],
...
    'Tag','Fig1');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'Position',[327 55 133 177], ...
    'String','framecontorno"', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame1');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'Position',[337 132 112 87], ...
    'String','framebotones', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame2');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.752941
0.752941 0.752941], ...
    'Position',[22 72 286 150], ...
    'String','frameparametros', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame3');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'Position',[151 263 183 23], ...
    'FontSize',16, ...
    'FontWeight','bold', ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'String','SISTEMA CONTINUO', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.752941
0.752941 0.752941], ...
    'Position',[35.25 194.25 252 21],
...
    'String','Usted tiene la opción
de variar los siguientes parámetros:', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText2');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[1 1 1], ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[77 174 217 17], ...
    'String','I1 = Momento de
inercia de la masa 1; I1=1', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText3');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[1 1 1], ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[77 144 217 17], ...
    'String','I2 = Momento de
inercia de la masa 2; I2=0.1', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText4');

b= uicontrol('Parent',figuracontinuo, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[1 1 1], ...
    'HorizontalAlignment','left', ...

```

```

        'Position',[77 115 217 17], ...
        'String','d = Coeficiente de
amortiguamiento viscoso;
0.0038<=d<=0.04', ...
        'Style','text', ...
        'Tag','StaticText5');

```

```

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...

```

```

        'Units','points', ...
        'BackgroundColor',[1 1 1], ...
        'HorizontalAlignment','left', ...
        'Position',[77 85 217 17], ...
        'String','k = Coeficiente de
torsión; 0.09<=k<=0.4', ...
        'Style','text', ...
        'Tag','StaticText6');

```

```

callbackStr='continuo("sisuno");
b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...

```

```

        'Units','points', ...
        'Callback',callbackStr, ...
        'Position',[340 184 105 27], ...
        'String','SISTEMA NO LOCALIZADO', ...
        'Tag','Pushbutton1');

```

```

callbackStr='continuo("sisdos");
b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...

```

```

        'Units','points', ...
        'Callback',callbackStr, ...
        'Position',[340 141 105 27], ...
        'String','SISTEMA LOCALIZADO',
...
        'Tag','Pushbutton2');

```

```

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...

```

```

        'Units','points', ...
        'Callback','PRESENTACION', ...
        'Position',[364 102 57 21], ...
        'String','ATRÁS', ...
        'Tag','Pushbutton3');

```

```

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...

```

```

        'Units','points', ...
        'Callback','SALIR', ...
        'Position',[364 72 57 21], ...
        'String','SALIR', ...
        'Tag','Pushbutton4');

```

```

callbackStr='continuo("uno");

```

```

inercia1 = uicontrol('Style','edit', ...
'Position',[49 236 44 20], ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'Foreground',[0 0 0],...
'BackgroundColor',[1 1 1], ...
'String','1',...
'Userdata',1,...
'Callback',callbackStr,...
'Tag','EditText1');

```

```

callbackStr='continuo("dos");

```

```

inercia2 =

```

```

uicontrol('Parent',figuracontinuo, ...
'BackgroundColor',[1 1 1], ...
'Foreground',[0 0 0],...
'String','0.1',...
'Userdata',0.1,...
        'HorizontalAlignment','left', ...
        'Position',[49 196 44 20], ...
        'Style','edit', ...
        'Callback',callbackStr,...
        'Tag','EditText2');

```

```

callbackStr='continuo("tres");

```

```

amortiguacion =

```

```

uicontrol('Parent',figuracontinuo, ...
'BackgroundColor',[1 1 1], ...
'Foreground',[0 0 0],...
'String','0.0038',...
'Userdata',0.0038,...
        'HorizontalAlignment','left', ...
        'Position',[49 156 44 20], ...
        'Style','edit', ...
        'Callback',callbackStr,...
        'Tag','EditText3');

```

```

callbackStr='continuo("cuatro");

```

```

torsion =

```

```

uicontrol('Parent',figuracontinuo, ...
        'BackgroundColor',[1 1 1], ...
        'Foreground',[0 0 0],...
        'String','0.09',...
        'Userdata',0.09,...
        'HorizontalAlignment','left', ...
        'Position',[49 116 44 20], ...
        'Style','edit', ...
        'Callback',callbackStr,...
        'Tag','EditText4');

```

```

ayuda=[inercia1 inercia2

```

```

amortiguacion torsion];
set(figuracontinuo, ...
        'Visible','on', ...
        'UserData',ayuda);

```

```

return

elseif strcmp(action,'uno'),
    ayuda=get(gcf,'Userdata');
    inercia2=ayuda(2);
    amortiguacion=ayuda(3);
    torsion=ayuda(4);
    v = get(gcf,'Userdata');
    s = get(gcf,'String');
    vv = eval(s,num2str(v));
    l1c=vv;
    l2c=get(inercia2,'UserData');
    dc=get(amortiguacion,'UserData');
    kc=get(torsion,'UserData');
    save l1c;
    save l2c;
    save dc;
    save kc;

set(gcf,'Userdata',vv,'String',num2str(v
v));

elseif strcmp(action,'dos'),
    ayuda=get(gcf,'Userdata');
    inercia1=ayuda(1);
    amortiguacion=ayuda(3);
    torsion=ayuda(4);
    v = get(gcf,'Userdata');
    s = get(gcf,'String');
    vv = eval(s,num2str(v));
    l1c=get(inercia1,'UserData');
    l2c=vv;
    dc=get(amortiguacion,'UserData');
    kc=get(torsion,'UserData');
    save l1c;
    save l2c;
    save dc;
    save kc;

set(gcf,'Userdata',vv,'String',num2str(v
v));

elseif strcmp(action,'tres'),
    ayuda=get(gcf,'Userdata');
    inercia1=ayuda(1);
    inercia2=ayuda(2);
    torsion=ayuda(4);
    v = get(gcf,'Userdata');
    s = get(gcf,'String');
    vv = eval(s,num2str(v));
    l1c=get(inercia1,'UserData');
    l2c=get(inercia2,'UserData');
    dc=vv;
    kc=get(torsion,'UserData');
    save l1c;
    save l2c;
    save dc;
    save kc;

set(gcf,'Userdata',vv,'String',num2str(v
v));

elseif strcmp(action,'cuatro'),
    ayuda=get(gcf,'Userdata');
    inercia1=ayuda(1);
    inercia2=ayuda(2);
    amortiguacion=ayuda(3);
    v = get(gcf,'Userdata');
    s = get(gcf,'String');
    vv = eval(s,num2str(v));
    l1c=get(inercia1,'UserData');
    l2c=get(inercia2,'UserData');
    dc=get(amortiguacion,'UserData');
    kc=vv;
    save l1c;
    save l2c;
    save dc;
    save kc;

set(gcf,'Userdata',vv,'String',num2str(v
v));

elseif strcmp(action,'sisuno'),
    local1=1;
    save local1;
    continuo1;
elseif strcmp(action,'sisdos'),
    local1=2;
    save local1;
    continuo2;
end

```

```

CONTINUO I
function
[num,den]=continuo(action,s);

if nargin<1,
    action='initialize';
end

if strcmp(action,'initialize'),
    clear all;
    clc;
    close all;

load continuo;

figuracontinuo = figure('Units','points',
...
    'Color',[0.85 0.75 0.15], ...
    'Colormap',mat0, ...
    'MenuBar','none', ...
    'Name','ORIENTACIÓN DE UN
SATÉLITE', ...
    'NumberTitle','off', ...
    'PointerShapeCData',mat1, ...
    'Position',[-0.75 23.25 480 304.5],
...
    'Tag','Fig1');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'Position',[332 37 126 189], ...
    'String','framecontorno', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame1');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'Position',[342 121 108 90], ...
    'String','framebotones', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame2');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'Position',[140 261 202 22], ...
    'FontSize',16, ...
    'FontWeight','bold', ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'String','SISTEMA NO
LOCALIZADO', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontSize',10, ...
    'FontWeight','bold', ...
    'ForegroundColor',[0 0 0], ...
    'Position',[9 154 312 16], ...
    'String','La función de
transferencia del sistema no
localizado en lazo abierto es:', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontWeight','bold', ...
    'ForegroundColor',[0 0 0], ...
    'Position',[60 115 32 15], ...
    'String','G(s) =', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText2');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontWeight','bold', ...
    'ForegroundColor',[0 0 0], ...
    'Position',[130 133 63 9], ...
    'String','ds+k', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText3');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontWeight','bold', ...
    'ForegroundColor',[0 0 0], ...
    'Position',[96 120 144 12], ...

```

```

        'String', '_____
    , ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText4');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontWeight','bold', ...
    'ForegroundColor',[0 0 0], ...
    'Position',[96 102 145 16], ...
    'String','11I2s^4+(11+I2)ds^3+(11+I
2)ks^2', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText5');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'Callback','CONTINUOANALISIS'
, ...
    'Position',[346 174 99 30], ...
    'String','ANÁLISIS DINÁMICO', ...
    'Tag','Pushbutton1');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'Callback','CONTINUOCONTROL', ...
    'Position',[346 131 99 30], ...
    'String','DISEÑO DE CONTROLES', ...
    'Tag','Pushbutton2');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'Callback','continuo', ...
    'Position',[367 85 57 21], ...
    'String','ATRÁS', ...
    'Tag','Pushbutton3');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'Callback','SALIR', ...
    'Position',[367 54 57 21], ...
    'String','SALIR', ...
    'Tag','Pushbutton4');

load I1c;
load I2c;
load dc;
load kc;

clear numc0;
numc0=[dc kc];
numc0;

clear denc0;
denc0=[I1c*I2c (I1c+I2c)*dc
(I1c+I2c)*kc 0 0];
denc0;

FTc0=tf(numc0,denc0);
FTc0;

clear FTc;
FTc=minreal(FTc0);
save FTc;
FTc;

clear control;
control=0;
save control;
control;
end

load I1c;

```

CONTINUO 2

```

function
[num,den]=continuo(action,s);

if nargin<1,
    action='initialize';
end

if strcmp(action,'initialize'),
    clear all;
    clc;
    close all;

load continuo;

figuracontinuo = figure('Units','points',
...
    'Color',[0.85 0.75 0.15], ...
    'Colormap',mat0, ...
    'MenuBar','none', ...
    'Name','ORIENTACIÓN DE UN
SATÉLITE', ...
    'NumberTitle','off', ...
    'PointerShapeCData',mat1, ...
    'Position',[-0.75 23.25 480 304.5],
...
    'Tag','Fig1');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'Position',[332 37 126 189], ...
    'String','framecontorno', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame1');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'Position',[342 121 108 90], ...
    'String','framebotones', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame2');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'Position',[140 261 202 22], ...
    'FontSize',16, ...
    'FontWeight','bold', ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'String','SISTEMA LOCALIZADO',
...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontSize',10, ...
    'FontWeight','bold', ...
    'ForegroundColor',[0 0 0], ...
    'Position',[14 154 298 16], ...
    'String','La función de
transferencia del sistema localizado
en lazo abierto es:', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontWeight','bold', ...
    'ForegroundColor',[0 0 0], ...
    'Position',[60 115 32 15], ...
    'String','G(s) =', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText2');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontWeight','bold', ...
    'ForegroundColor',[0 0 0], ...
    'Position',[130 133 63 9], ...
    'String',' $12s^2+ds+k$ ', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText3');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontWeight','bold', ...
    'ForegroundColor',[0 0 0], ...
    'Position',[96 120 144 12], ...

```

```

        'String','_____
    _____, ...
        'Style','text', ...
        'Tag','StaticText4');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontWeight','bold', ...
    'ForegroundColor',[0 0 0], ...
    'Position',[96 102 145 16], ...
    'String','11I2s^4+(11+I2)ds^3+(11+I
2)ks^2', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText5');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'Callback','CONTINUOANALISIS'
, ...
    'Position',[346 174 99 30], ...
    'String','ANÁLISIS DINÁMICO', ...
    'Tag','Pushbutton1');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'Callback','CONTINUOCONTROL', ...
    'Position',[346 131 99 30], ...
    'String','DISEÑO DE CONTROLES', ...
    'Tag','Pushbutton2');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'Callback','continuo', ...
    'Position',[367 85 57 21], ...
    'String','ATRÁS', ...
    'Tag','Pushbutton3');

b = uicontrol('Parent',figuracontinuo,
...
    'Units','points', ...
    'Callback','SALIR', ...
    'Position',[367 54 57 21], ...
    'String','SALIR', ...
    'Tag','Pushbutton4');

load I1c;
load I2c;

load dc;
load kc;

clear numc0;
numc0=[I2c dc kc];
numc0;

clear denc0;
denc0=[I1c*I2c (I1c+I2c)*dc
(I1c+I2c)*kc 0 0];
denc0;

FTc0=tf(numc0,denc0);
FTc0;

clear FTc;
FTc=minreal(FTc0);
save FTc;
FTc;

clear control;
control=0;
save control;
control;

end

```

CONTINUOANALISIS

```

function
[nun,den]=continuoanalysis(action,s)

if nargin<1,
    action='initialize';
end

if strcmp(action,'initialize'),
    clear all;
    clc;
    close all;

load continuoanalysis

a = figure('Units','points', ...
    'Color',[0.85 0.75 0.15], ...
    'Colormap',mat0, ...
    'MenuBar','none', ...
    'Name','ORIENTACIÓN DE UN
SATÉLITE', ...
    'NumberTitle','off', ...
    'PointerShapeCData',mat1, ...
    'Position',[-0.75 23.25 480 304.5],
...
    'Tag','Fig1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'Position',[276 58 187 186], ...
    'String','framebotones', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame2');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98    0.88
0.53], ...
    'Position',[288 126 163 96], ...
    'String','framecontorno', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame3');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85    0.75
0.15], ...
    'FontSize',12, ...
    'FontWeight','bold', ...
    'HorizontalAlignment','center',
...
    'Position',[51 107 191 76], ...

```

```

'String','Luego de haber
obtenido el modelo matemático se
analiza el comportamiento dinámico
del sistema mediante la respuesta
temporal, la repuesta de frecuencia
y, el lugar geométrico de las raíces.',
...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85    0.75
0.15], ...
    'Position',[140 261 202 22], ...
    'FontSize',16, ...
    'FontWeight','bold', ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'String','ANÁLISIS DINÁMICO', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'Callback','continuo temporal',
...
    'Position',[293 193 151 24], ...
    'String','RESPUESTA TEMPORAL',
...
    'Tag','Pushbutton1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'Callback','continuo lgr', ...
    'Position',[293 163 151 24], ...
    'String','LUGAR GEOMETRICO
DE LAS RAÍCES', ...
    'Tag','Pushbutton2');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'Callback','continuo frecuencia'
, ...
    'Position',[293 133 151 24], ...
    'String','RESPUESTA DE
FRECUENCIA', ...
    'Tag','Pushbutton3');

callbackStr='continuoanalysis("sisanad
os")';
b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'Callback',callbackStr, ...
    'Position',[346 96 46 18], ...
    'String','ATRÁS', ...

```

```
        'Tag','Pushbutton4');  
  
b = uicontrol('Parent',a, ...  
    'Units','points', ...  
    'Callback','salir', ...  
    'Position',[346 68 46 18], ...  
    'String','SALIR', ...  
    'Tag','Pushbutton5');  
elseif strcmp(action,'sisanados'),  
    load local;  
    if locali==1;  
        continuo1;  
    elseif locali==2;  
        continuo2;  
    end  
end  
end
```

```

CONTINUO CONDICIONES
function
[num,den]=continuocondiciones(acti
on,s);

if nargin<1,
    action='initialize';
end
if strcmp(action,'initialize'),
    close all;
    clc;
    n=[20];

load continuocondiciones
figuracondiciones =
figure('Units','points', ...
'Color',[0.85 0.75 0.15], ...
'Colormap',mat0, ...
'MenuBar','none', ...
'Name','ORIENTACIÓN DE UN
SATÉLITE', ...
'NumberTitle','off', ...
'Position',[-0.75 23.25 480 304.5], ...
'Tag','Fig1');

b =
uicontrol('Parent',figuracondiciones, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'Position',[318.75 84.75 138
133.5], ...
'String','framecontorno"', ...
'Style','frame', ...
'Tag','Frame1');

b =
uicontrol('Parent',figuracondiciones, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'Position',[330.375 157.5 114.75
50.25], ...
'String','framebotones', ...
'Style','frame', ...
'Tag','Frame2');

callbackStr='continuocondiciones("co
ntrol")';
b =
uicontrol('Parent',figuracondiciones, ...
'Units','points', ...
'callback',callbackStr,...

```

```

'HorizontalAlignment','left', ...
'Position',[358.875 128.25 57.75
21], ...
'String','ATRÁS', ...
'Tag','Pushbutton3');

b =
uicontrol('Parent',figuracondiciones, ...
'Units','points', ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'Position',[ 360.75 102 54 19.5],
...
'Callback','salir', ...
'String','SALIR', ...
'Tag','Pushbutton4');

b =
uicontrol('Parent',figuracondiciones, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
'FontSize',14, ...
'FontWeight','demi', ...
'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
'ListboxTop',0, ...
'Position',[16.5 183 298.5 18.75],
...
'String','Usted, puede modificar
las condiciones iniciales:', ...
'Style','text', ...
'Tag','StaticText1');

load control
control;
if control==5 | control==6 | control==8;
callbackStr='continuocondiciones("un
o")';
condiciones = uicontrol('Style','edit', ...
'Position',[ 162 183 128 29], ...
'HorizontalAlignment','center', ...
'Foreground',[0 0 0],...
'BackgroundColor',[1 1 1], ...
'FontSize',12, ...
'FontWeight','demi', ...
'String','[0.2;0;0;0]',...
'Userdata',[0.2;0;0;0],...
'Callback',callbackStr,...
'Tag','EditText1');

elseif control==7
callbackStr='continuocondiciones("un
o")';
condiciones = uicontrol('Style','edit', ...
'Position',[ 162 183 128 29], ...
'HorizontalAlignment','center', ...

```

```

'Foreground',[0 0 0],...
'BackgroundColor',[1 1 1], ...
    'FontSize',12, ...
    'FontWeight','demi', ...
'String',[0.2;0;0;0;0;0;0],...
'Userdata',[0.2;0;0;0;0;0;0],...
'Callback',callbackStr,...
'Tag','EditText1');
end
callbackstr='continuocondiciones("co
ntinuar")';
b =
uicontrol('Parent',figuracondiciones, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.752941
0.752941 0.752941], ...
    'Position',[342.75 172.5 86.25
21], ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'String','CONTINUAR', ...
    'Style','Pushbutton', ...
    'Callback',callbackstr, ...
    'Tag','Pushbutton5');

```

```

load control
control;
clear FTc1
load variable
variable

```

```

    if control==7;
        load FTregve;
        FTc1=FTregve;
        save FTc1;
        FTc1;
    elseif control==6 &
variable==1 | variable==2 | variable==3
| variable==4
        load FTve
        FTc1=FTve;
        save FTc1;
        FTc1;
        load FTes
        FTc3=FTes;
        save FTc3;
        FTc3;
    elseif control==5;
        load FTreave;
        FTc1=FTreave;
        save FTc1;
        FTc1;
    elseif control==8;
        load FTrgve;
        FTc1=FTrgve;

```

```

        save FTc1;
        FTc1;
    else
    end
    load FTc1;
    FTc1;
    FTc2=FTc1;
    save FTc2;
    FTc2;

```

```

elseif strcmp(action,'control'),
    load control;
    if control==7;
        lugargeometricosimetrico;
    elseif control==5;
        leycontrol;
    elseif control==8;
        regulador;
    elseif control==6;
        estimador;
    else
    end

```

```

elseif strcmp(action,'uno'),
    ayuda=get(gcf,'Userdata');
    v = get(gcf,'Userdata');
    s = get(gcf,'String');
    vv = eval(s,num2str(v));
    CIC=vv;
    save CIC
    set(gcf,'Userdata',vv,'String',s);
elseif strcmp(action,'continuar')
    load control;
    if
control==5 | control==7 | control==8;
        continuocondiciones1;
    elseif control==6;
        continuocondiciones2;
    end
end

```

CONTINUO CONDICIONES 1

```

function
[num,den]=continuocondiciones1(acti
on,s);

if nargin<1,
    action='initialize';
end

if strcmp(action,'initialize'),
    close all;
    clc;
    n=[20];
load continuocondiciones1;

a = figure('Units','points', ...
    'Color',[0.85 0.75 0.15], ...
    'Colormap','mat0', ...
    'MenuBar','none', ...
    'Name','ORIENTACIÓN DE UN
SATÉLITE', ...
    'NumberTitle','off', ...
    'Position',[-0.75 23.25 480 304.5], ...
    'Tag','Fig1');
b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[292.5 135.75 174.75
124.5], ...
    'String','framecontorno', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[296.25 189 167.25
66.75], ...
    'String','framebotones', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame2');

b = uicontrol( ...
    'Style','frame', ...
    'Position',[111 47 418 107], ...
    'String','frame tiempo', ...
    'Tag','Frame3',...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53]);

b = uicontrol( ...
    'Style','frame', ...
    'Position',[360 126 59 20], ...
    'String','framevariacion', ...
    'Tag','Frame4',...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53]);

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontSize',12, ...
    'FontWeight','demi', ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'Position',[104 276 274 19], ...
    'String','Respuesta en el tiempo
a una condición inicial', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');

b = uicontrol('style','text',...
    'Position',[116 91 31 19],...
    'HorizontalAlignment','center',...
    'foregroundcolor',[0.6 0.5 0], ...

    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...
    'String','1','Tag','StaticText2');

b = uicontrol('style','text',...
    'Position',[488 91 30 19],...
    'HorizontalAlignment','center',...
    'foregroundcolor',[0.6 0.5 0], ...

    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...
    'String','1000','Tag','StaticText3');

b = uicontrol('style','text',...
    'Position',[206 124 154 18],...
    'HorizontalAlignment','center',...
    'foregroundcolor',[0.6 0.5 0], ...

    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...
    'FontWeight','normal',...
    'String','Tiempo de
simulación:',Tag,'StaticText4');

b = uicontrol( ...
    'Style','text', ...
    'Position',[401 309 152 18], ...
    'foregroundcolor',[0.6 0.5 0], ...

    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...

```

```

'FontAngle','normal',...
'FontSize',8,...
'HorizontalAlignment','left',...
'FontUnits','centimeters',...
'FontWeight','normal',...
'String','Sistema: ',Tag,'StaticText5');

b = uicontrol( ...
'Style','text', ...
'Position',[401 284 152 18], ...
'foregroundColor',[0.6 0.5 0], ...

'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...
'FontAngle','normal',...
'HorizontalAlignment','left',...
'FontSize',8,...
'FontUnits','centimeters',...
'FontWeight','normal',...
'String','Máximo
Sobreimpulso:',Tag,'StaticText6');

b = uicontrol( ...
'Style','text', ...
'Position',[401 259 152 18], ...
'foregroundColor',[0.6 0.5 0], ...

'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...
'FontAngle','normal',...
'FontSize',8,...
'HorizontalAlignment','left',...
'FontUnits','centimeters',...
'FontWeight','normal',...
'String','Tiempo de
Estabilización:',Tag,'StaticText7');

b = uicontrol( ...
'Style','text', ...
'Position',[603 284 12 18], ...
'foregroundColor',[0 0 0], ...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...
'HorizontalAlignment','left',...
'FontUnits','centimeters',...
'String','% ',Tag,'StaticText8');

b = uicontrol( ...
'Style','text', ...
'Position',[603 259 12 18], ...
'foregroundColor',[0 0 0], ...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...
'HorizontalAlignment','left',...
'FontUnits','centimeters',...
'String','%',Tag,'StaticText9');

b = uicontrol('Parent',a, ...
'Units','points', ...
'callback','continuocondicione
s',...
'HorizontalAlignment','left', ...
'Position',[351 165.75 57.75 21],
...
'String','ATRÁS', ...
'Tag','Pushbutton1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
'Units','points', ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'Position',[351 139.5 57.75 21], ...
'Callback','salir', ...
'String','SALIR', ...
'Tag','Pushbutton2');

graficoc = axes('Units','normalized',...
'Box','on', ...
'Position',[0.1 0.47 0.46 0.38], ...
'Tag','Axes1', ...
'XTick',[],...
'YTick',[],'FontSize',8);
axes(graficoc),n;
load control
load variable
if control==6
load FTc3;
FTc3;
else
end

load FTc2;
FTc2;

clear FCC;
FCC=FTc2;
save FCC;
load CIC;

tc=0:1:1000;
load FCC;
load CIC;
y=initial(FCC,CIC,tc);
save y;
[w,w1]=size(y);
mp1=0;
i=1;
j=2;

```

```

n=0;
l=1;
z=0;
qq=0;
qq1=0;
while z==0;
    if isnan(y(1001))==0;
        z=1;
    elseif isnan(y(l))==1;
        qq=1;
        i1=l-5;
        tic1=tc(i1);
        tmc=tic1;
        save tmc;
        t2c=0:1:t1c1;
        load FCC
        load CIC
        y1=initial(FCC,CIC,t2c);
        mc=plot(t2c,y1);
        grid on;
        SISTEMA='INESTABLE';
        save SISTEMA;
        mpc=[];
        tsc=[];
        n=1;
        z=1;
    else
        l=l+1;
    end
end

x=0;
m=0;

while x==0;
    if isinf(y(1001))==0;
        x=1;
    elseif isinf(y(m))==1;
        qq1=1;
        i1=m-5;
        tic1=tc(i1);
        t2c=0:1:t1c1;
        tmc=tic1;
        save tmc;
        load FCC
        load CIC
        y1=initial(FCC,CIC,t2c);
        mc=plot(t2c,y1);
        grid on;
        SISTEMA='INESTABLE';
        save SISTEMA;
        mpc=[];
        tsc=[];
        n=1;
    end
end

```

```

x=1;
else
    m=m+1;
end
end
n=0;
nn=0;
p=1;
u=w-10;
ii=u;
p1=1;
while n==0;
    if qq==1;
        n=1;
    elseif qq1==1;
        n=1;
    else
        for i = u:w;
            k=i-1;
            if abs (y(i)-y(k))>0.01;
                var(i)=0;
            else
                var(i)=1;
            end
        end
    end
    while nn==0;
        if var(ii)==0;
            t2c=0:1:500;
            tmc=500;
            save tmc;
            load FCC
            load CIC
            y1=initial(FCC,CIC,t2c);
            mc=plot(t2c,y1);
            grid on;
            n=1;
            SISTEMA='INESTABLE';
            save SISTEMA;
            mpc=[];
            tsc=[];
            nn=1;
        else
            ii=ii+1;
            if ii==w;
                nn=1;
                p1=0;
            else
                end
            end
        end
    end
    if p1==0;
        load control
        if
            control==5 | control==6 | control==8;

```

```

load valork
load variable
if control==5 & valork==1 &
variable==0
    t=18;
elseif control==8 &
valork==2 & variable==0
    t=7;
elseif control==6 &
variable==1 | variable==2 |
variable==3 | variable==4 & valork==0
    t=10;
end
elseif control==7
    t=7
end
tc=0:0.1:t;
load FCC;
load CIC;
[y,t,x]=initial(FCC,CIC,tc);
save y
[w2,w3]=size(y);
SISTEMA='ESTABLE';
save SISTEMA;
[mp,ind]=max(abs(y-y(1)));
if y(ind)<0
    n=-1;
    save n;
elseif y(ind)>0
    n=1;
    save n;
end
dimt=length(tc);
yss=y(dimt);
mpc=100*(mp-y(1));
tp=tc(ind);
yts1=1.02*abs(yss);
yts2=0.98*abs(yss);
n=1;
n1=0;

i=w2;
while n1==0;
    if abs(y(i))<yts1;
        n1=1;
        ts1=tc(i);
    else
        if mp<yts1;
            n1=1;
            ts1=0;
        else
            if i==1;
                n1=1;
                ts1=0;

```

```

else
    i=i-1;
    n1=0;
end
end
end
end
yts2;
j=w2;
n1=0;
while n1==0;
    if abs(y(j))>yts2;
        n1=1;
        ts2=tc(j);
    else
        if j==1;
            n1=1;
            ts2=0;
        else
            j=j-1;
            n1=0;
        end
    end
end
if ts1==0 & ts2==0;
    tsc=0;
elseif ts1==0 & ts2~=0;
    tsc=ts2;
elseif ts1~=0 & ts2==0;
    tsc=ts1;
elseif ts2<ts1;
    tsc=ts1;
else
    tsc=ts2;
end
t2c=0:0.1:tsc+5;
load FCC;
load CIC;
[y1,t1,x1]=initial(FCC,CIC,t2c);
xa=x1(:,1);
xb=x1(:,2);
xc=x1(:,3);
xd=x1(:,4);
load control;
if control==6;
load FTc3;
FTc3;
[y3,t3,x3]=initial(FTc3,CIC,t2c);
x3;
xw=x3(:,1)
xx=x3(:,1)
xy=x3(:,1)
xz=x3(:,1)
load variable;

```

```

if variable==1
    y2=xa-xw;
    y5=xa;
elseif variable==2
    y2=xb-xx;
    y5=xb;
elseif variable==3
    y2=xc-xy;
    y5=xc;
elseif variable==4
    y2=xd-xz;
    y5=xd;
end
tmc=tsc+5;
save tmc;
mc=plot(t2c,y5,'b',t2c,y2,'r');
else
    tmc=tsc+5;
    save tmc;
    mc=plot(t2c,y1,'b');
end
grid on;
load n;

axes(graficoc),text(tp,n*mp+y(1),'Mp')
;
    else
    end
end
end
xlabel('tiempo');
ylabel('respuesta temporal');

load SISTEMA;
SIST=SISTEMA;
max_tiemc=1000;
min_tiemc=1;
load tmc;
tiemc=tmc;

b = uicontrol('style','text',...
    'Position',[553 309 61 18],...
    'HorizontalAlignment','left',...
    'foregroundColor',[0 0 0], ...

    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...

'String',num2str(SIST),'Tag','StaticText10')
;

b = uicontrol('style','text',...
    'Position',[553 284 49 18],...
    'HorizontalAlignment','left',...

    'foregroundColor',[0 0 0], ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...

'String',num2str(mpc,5),'Tag','StaticText11');

b = uicontrol('style','text',...
    'Position',[553 259 51 18],...
    'HorizontalAlignment','left',...
    'foregroundColor',[0 0 0], ...

    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...

'String',num2str(tsc,5),'Tag','StaticText12');

callbackStr='continuocondiciones1(''sl'');';
tiemc_slider=icontrol('Style','slider',...
    'Position',[140 90 350 20],...

    'Value',tiemc,'Max',max_tiemc,'Min',min_tiemc,...
    'Callback',callbackStr );

b = uicontrol('style','text',...
    'Position',[361 127 50 16],...
    'HorizontalAlignment','center',...
    'foregroundColor',[0.6 0.5 0], ...

    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...

'String',num2str(tiemc,5),'Tag','StaticText13');

elseif strcmp(action,'sl'),
    tfc = get(gcf,'Value');
    b = uicontrol('style','text',...
        'Position',[361 127 50 16],...
        'HorizontalAlignment','center',...
        'foregroundColor',[0.6 0.5 0], ...

        'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...

'String',num2str(tfc,4),'Tag','StaticText14');

load FCC;
if tfc<200;

```

```

    t2c=0:tfc/1000:tfc;
else
    t2c=0:tfc/100:tfc;
end
load FCC;
load CIC;
[y1,t1,x1]=initial(FCC,CIC,t2c);
xa=x1(:,1);
xb=x1(:,2);
xc=x1(:,3);
xd=x1(:,4);
load control;
    if control==6;
        load FTc3;
        FTc3;
        [y3,t3,x3]=initial(FTc3,CIC,t2c);
        x3;
        xw=x3(:,1)
        xx=x3(:,1)
        xy=x3(:,1)
        xz=x3(:,1)
        load variable;
        if variable==1
            y2=xa-xw;
            y5=xa;
        elseif variable==2
            y2=xb-xx;
            y5=xb;
        elseif variable==3
            y2=xc-xy;
            y5=xc;
        elseif variable==4
            y2=xd-xz;
            y5=xd;
        end
        tmc=tsc+5;
        save tmc;
        mc=plot(t2c,y5,'b',t2c,y2,'r');
    else
        tmc=tsc+5;
        save tmc;
        mc=plot(t2c,y1,'b');
    end
grid on;
xlabel('tiempo');
ylabel('respuesta temporal');

end

```

```

CONTINUO CONTROL
function
[nun,den]=CONTINUOCONTROL(actio
n,s)
if nargin<1,
    action='initialize';
end
if strcmp(action,'initialize'),
    clear all;
    clc;
    close all;

load CONTINUOCONTROL

a = figure('Units','points', ...
    'Color',[0.85 0.75 0.15], ...
    'Colormap',mat0, ...
    'MenuBar','none', ...
    'Name','ORIENTACIÓN DE UN
SATÉLITE', ...
    'NumberTitle','off', ...
    'PointerShapeCData',mat1, ...
    'Position',[-0.75 23.25 480
290.25], ...
    'Tag','Fig1');
b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[292 60 151 160], ...
    'String','framecontorno', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame1');
b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[302 137 132 72], ...
    'String','framebotones', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame2');
b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'Position',[140 261 202 22], ...
    'FontSize',16, ...
    'FontWeight','bold', ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'String','DISEÑO DEL CONTROL',
...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');
b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontSize',12, ...
    'FontWeight','bold', ...
    'HorizontalAlignment','center',
...
    'Position',[50 106 191 62], ...
    'String','El diseño del control se
realiza utilizando técnicas clásicas y
modernas, esto es, control en
cascada y en el espacio de estado.',
...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');
b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'Callback','CONTINUOCONTRO
LCASCADA', ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[308 177 122 26], ...
    'String','EN CASCADA', ...
    'Tag','Pushbutton1');
b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'Callback','CONTINUOCONTRO
Lanalisis', ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[308 146 122 26], ...
    'String','EN EL ESPACIO DE
ESTADO', ...
    'Tag','Pushbutton2');
callbackStr='continuocontrol("siscond
os");
b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'Callback',callbackStr, ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[342 99 54 19], ...
    'String','ATRÁS', ...
    'Tag','Pushbutton3');
b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'Callback','SALIR', ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[342 69 54 19], ...
    'String','SALIR', ...
    'Tag','Pushbutton4');

elseif strcmp(action,'siscondos'),
    load locali;
    if locali==1;

```

```
    continuo1;  
elseif local1==2;  
    continuo2;  
end
```

```
end
```

```

CONTINUO CONTROL ANALISIS
function
[num,den]=continuocontrolanalysis(ac
tion,s);

if nargin<1,
    action='initialize';
end

if strcmp(action,'initialize'),
    clear all;
    clc;
    close all;

load continuocontrolanalysis

h0 = figure('Units','points', ...
    'Color',[0.85 0.75 0.15], ...
    'Colormap',mat0, ...
    'FileName','C:\MATLABR11\wor
k\Paty\continuocontrolanalysis.m', ...
    'MenuBar','none', ...
    'Name','ORIENTACION DE UN
SATELITE', ...
    'NumberTitle','off', ...
    'PaperPosition',[18 180 576 432],
...
    'PaperUnits','points', ...
    'Position',[0 24 480 304.5], ...
    'Tag','Fig2', ...
    'ToolBar','none');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[306 70.5 148.5 190.5],
...
    'String','FRAMECONTORNO', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame1');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[315 144.75 132.75
104.25], ...
    'String','FRAMEBOTONES', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame2');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontSize',16, ...
    'FontWeight','demi', ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[45.75 237.75 222
15.75], ...
    'String','ANALISIS DEL SISTEMA:',
...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontSize',12, ...
    'FontWeight','demi', ...
    'ForegroundColor',[0 0 0], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[93.75 214.5 140.25
14.25], ...
    'String','dx/dt=Ax+Bu
y=Cx+Du', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'Position',[76 71 173 135], ...
    'String','frameaux', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame3');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'Position',[82.5 78 159 14.25], ...
    'String','frameaux', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame7');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'Position',[83.25 95.25 158.25
12.75], ...
    'String','frameaux', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame6');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...

```

```

        'ListboxTop',0, ...
        'Position',[83.25 110.25 158.25
43.5], ...
        'String','frameaux', ...
        'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
        'Style','frame', ...
        'Tag','Frame5');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
        'Units','points', ...
        'ListboxTop',0, ...
        'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
        'Position',[ 83.25 156 158.25
42.75], ...
        'String','frameaux', ...
        'Style','frame', ...
        'Tag','Frame4');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
        'Units','points', ...
        'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
        'Callback','estabilidad', ...
        'ListboxTop',0, ...
        'Position',[ 328.5 213.75 104.25
24], ...
        'String','ESTABILIDAD', ...
        'Tag','Pushbutton0');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
        'Units','points', ...
        'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
        'Callback','controlabilidad', ...
        'ListboxTop',0, ...
        'Position',[328.5 182.25 104.25
24], ...
        'String','CONTROLABILIDAD', ...
        'Tag','Pushbutton1');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
        'Units','points', ...
        'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
        'Callback','observabilidad', ...
        'ListboxTop',0, ...
        'Position',[327.75 152.25 105 24],
...
        'String','OBSERVABILIDAD', ...
        'Tag','Pushbutton2');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
        'Units','points', ...

```

```

        'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
        'Callback','continuocontrol', ...
        'ListboxTop',0, ...
        'Position',[348.375 107.25 63.75
22.5], ...
        'String','ATRÁS', ...
        'Tag','Pushbutton3');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
        'Units','points', ...
        'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
        'Callback','salir', ...
        'ListboxTop',0, ...
        'Position',[348.375 78.75 63.75
22.5], ...
        'String','SALIR', ...
        'Tag','Pushbutton4');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
        'Units','points', ...
        'ListboxTop',0, ...
        'Position',[87 165 21 27.75], ...
        'String','A = ', ...
        'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
        'Foreground',[0.6 0.5 0],...
        'Style','text', ...
        'Tag','StaticText9');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
        'Units','points', ...
        'ListboxTop',0, ...
        'Position',[85.5 117.75 21 31.5],
...
        'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
        'String','B = ', ...
        'Foreground',[0.6 0.5 0],...
        'Style','text', ...
        'Tag','StaticText8');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
        'Units','points', ...
        'ListboxTop',0, ...
        'Position',[85.5 96.75 19.5 10.5],
...
        'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
        'String','C = ', ...
        'Foreground',[0.6 0.5 0],...
        'Style','text', ...
        'Tag','StaticText7');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...

```

```

        'Units','points', ...
        'ListboxTop',0, ...
        'Position',[84.75  80.25  21.75
9.75], ...
        'BackgroundColor',[0.98  0.88
0.53], ...
        'String','D = ', ...
        'Foreground',[0.6 0.5 0],...
        'Style','text', ...
        'Tag','StaticText6');
load FTc;
FTc;
load l1c;
load l2c;
load dc;
load kc;
Ac=[0 1 0 0;-kc/l2c -dc/l2c kc/l2c
dc/l2c;0 0 0 1;kc/l1c dc/l1c -kc/l1c -
dc/l1c];
Bc=[0;0;0;1/l1c];
Cc=[1 0 0 0];
Dc=0;
FTce=ss(Ac,Bc,Cc,Dc);
save FTce;
save Ac;
save Bc;
save Cc;
save Dc;

```

```

h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
        'Units','points', ...
        'ListboxTop',0, ...
        'Position',[ 110.25  157.5  129
39.75],...
        'HorizontalAlignment','center',
...
        'BackgroundColor',[0.98  0.88
0.53], ...
        'Foreground',[0.6 0.5 0],...
        'Style','text', ...
        'String',num2str(Ac), ...
        'Tag','StaticText2');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
        'Units','points', ...
        'ListboxTop',0, ...
        'Position',[114 112.5 15 39], ...
        'HorizontalAlignment','center',
...
        'BackgroundColor',[0.98  0.88
0.53], ...
        'Foreground',[0.6 0.5 0],...
        'String',num2str(Bc), ...
        'Style','text', ...
        'Tag','StaticText3');

```

```

h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
        'Units','points', ...
        'ListboxTop',0, ...
        'Position',[108.75 97.5 36 9], ...
        'BackgroundColor',[0.98  0.88
0.53], ...
        'Foreground',[0.6 0.5 0],...
        'HorizontalAlignment','center',
...
        'Style','text', ...
        'String',num2str(Cc), ...
        'Tag','StaticText4');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
        'Units','points', ...
        'ListboxTop',0, ...
        'Position',[111 79 9 12], ...
        'BackgroundColor',[0.98  0.88
0.53], ...
        'String',num2str(Dc), ...
        'Foreground',[0.6 0.5 0],...
        'HorizontalAlignment','center',
...
        'Style','text', ...
        'Tag','StaticText5');
end

```

```

CONTINUO CONTROL CASCADA
function continuocontrolcascada()

if nargin<1,
    action='initialize';
end
if strcmp(action,'initialize'),
    clear all;
    clc;
    close all;

load continuocontrolcascada

a = figure('Units','points', ...
    'Color',[0.85 0.75 0.15], ...
    'Colormap','mat0', ...
    'MenuBar','none', ...
    'Name','ORIENTACIÓN DE UN
SATÉLITE', ...
    'NumberTitle','off', ...
    'PointerShapeCData','mat1', ...
    'Position',[-0.75 23.25 480 304.5],
...
    'Tag','Fig1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[233.25 70.5 232.5
167.25], ...
    'String','framecontorno"', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[240 141 219 84], ...
    'String','framebotones', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame2');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'Position',[140 261 202 22], ...
    'FontSize',16, ...
    'FontWeight','bold', ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...

```

```

'String','CONTROL EN
CASCADA', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');
b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontSize',12, ...
    'FontWeight','bold', ...
    'HorizontalAlignment','center',
...
    'Position',[28 156 189 42], ...
    'String','Para el diseño en
cascada se utiliza un sistema de
control en lazo cerrado.', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');
b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontSize',12, ...
    'FontWeight','bold', ...
    'HorizontalAlignment','center',
...
    'Position',[28 83 189 48], ...
    'String','El procedimiento a
seguir, es primero el diseño del control
PD, luego el filtro muesca y por último
una combinación los dos.', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');
b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[246 186 78 24], ...
    'String','PD', ...
    'Callback','PD', ...
    'Tag','Pushbutton1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[246 156 78 24], ...
    'String','FILTRO MUESCA', ...
    'Callback','FILTROMUESCA2', ...
    'Tag','Pushbutton2');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[337 173 113 24], ...
    'String','PD + FILTRO MUESCA', ...

```

```
'Callback','PDFILTROMUESCA', ...  
'Tag','Pushbutton3');  
  
b = uicontrol('Parent',a, ...  
    'Units','points', ...  
    'Callback','CONTINUOCONTRO  
L', ...  
    'HorizontalAlignment','left', ...  
    'Position',[312 110 78 24], ...  
    'String','ATRÁS', ...  
    'Tag','Pushbutton4');  
  
b = uicontrol('Parent',a, ...  
    'Units','points', ...  
    'Callback','SALIR', ...  
    'HorizontalAlignment','left', ...  
    'Position',[312 80 78 24], ...  
    'String','SALIR', ...  
    'Tag','Pushbutton5');  
  
end
```

```

CONTINUO CONTROL ESTADO
function
[num,den]=continuocontrolestado(ac
tion,s);

if nargin<1,
    action='initialize';
end

if strcmp(action,'initialize'),
    clear all;
    clc;
    close all;

load continuocontrolestado

h0 = figure('Units','points', ...
    'Color',[0.85 0.75 0.15], ...
    'Colormap',mat0, ...
    'FileName','C:\MATLABR11\wor
k\Paty\continuocontrolestado.m', ...
    'MenuBar','none', ...
    'Name','ORIENTACION DE UN
SATELITE', ...
    'NumberTitle','off', ...
    'PaperPosition',[18 180 576 432],
...
    'PaperUnits','points', ...
    'Position',[0 24 480 304.5], ...
    'Tag','Fig1', ...
    'ToolBar','none');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[246 41.25 210.75
209.25], ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame1');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[252.75 114 197.25
121.5], ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame2');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...

```

```

'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
'Callback','continuocontrol', ...
'ListboxTop',0, ...
'Position',[318.375 80.25 65.25
24], ...
'String','ATRÁS', ...
'Tag','Pushbutton4');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
    'Callback','salir', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[318.375 49.5 65.25
24], ...
    'String','SALIR', ...
    'Tag','Pushbutton5');
b = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontSize',12, ...
    'FontWeight','bold', ...
    'HorizontalAlignment','center',
...
    'Position',[36.75 96 191.25
89.25], ...
    'String','Para el diseño en el
espacio de estado se realiza primero
la realimentación de estado, luego la
estimación de estado y por último se
completa el diseño, con la
realimentación más estimación de
estado.', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');
b = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'Position',[91.5 261 279.75
21.75], ...
    'FontSize',16, ...
    'FontWeight','bold', ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'String','DISEÑO EN EL ESPACIO
DE ESTADO', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');
callbackStr='continuocontrolestado("u
no");

```

```

h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.75294117
6470588      0.752941176470588
0.752941176470588], ...
    'Callback',callbackStr, ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[256.5   196.5   189
29.25], ...
    'String','REALIMENTACION   DE
ESTADO', ...
    'Tag','Pushbutton1');
callbackStr='continuocontrolestado("
dos");
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.75294117
6470588      0.752941176470588
0.752941176470588], ...
    'Callback',callbackStr, ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[256.875 161.25 188.25
29.25], ...
    'String','ESTIMACION       DE
ESTADO', ...
    'Tag','Pushbutton2');
callbackStr='continuocontrolestado("tr
es");
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.75294117
6470588      0.752941176470588
0.752941176470588], ...
    'Callback',callbackStr, ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[256.875 126 188.25
29.25], ...
    'String','REALIMENTACION   +
ESTIMACION DE ESTADO', ...
    'Tag','Pushbutton3');
elseif strcmp(action,'uno'),
    estado=1
    save estado
    controllugargeometrico
elseif strcmp(action,'dos'),
    estado=2
    save estado
    controllugargeometrico 1
elseif strcmp(action,'tres'),
    estado=3
    save estado
    controllugargeometrico 1
end

```

```

CONTINUO FRECUENCIA
function
[num,den]=continoufrecuencia(action)

if nargin<1,
    action='initialize';
end

if strcmp(action,'initialize'),
    clear all;
    clc;
    close all;
load continuofrecuencia;
    m=[143];
    a=[120];

a = figure('Units','points', ...
           'Color',[0.85 0.75 0.15], ...
           'Colormap',mat0, ...
           'MenuBar','none', ...
           'Name','ORIENTACIÓN DE UN
SATÉLITE', ...
           'NumberTitle','off', ...
           'PointerShapeCData',mat1, ...
           'Position',[-0.75 23.25 480 304.5],
...
           'Tag','Fig1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
             'Units','points', ...
             'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
             'HorizontalAlignment','left', ...
             'Position',[249 2 204 165], ...
             'String','framecontorno', ...
             'Style','frame', ...
             'Tag','Frame1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
             'Units','points', ...
             'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
             'HorizontalAlignment','left', ...
             'Position',[252 61 195 99], ...
             'String','frameparametros', ...
             'Style','frame', ...
             'Tag','Frame2');

b = uicontrol('Parent',a, ...
             'Units','points', ...
             'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
             'HorizontalAlignment','left', ...
             'Position',[34 2 195 60], ...

```

```

'String','framevariador', ...
'Style','frame', ...
'Tag','Frame3');

b = uicontrol('Parent',a, ...
             'Units','points', ...
             'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
             'Position',[135 287 219 15], ...
             'FontSize',14, ...
             'FontWeight','bold', ...
             'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
             'String','Respuesta de
frecuencia', ...
             'Style','text', ...
             'Tag','StaticText1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
             'Units','points', ...
             'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
             'Position',[99.75 269.25 68.25
9.75], ...
             'FontSize',8, ...
             'FontWeight','bold', ...
             'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
             'String','Lazo abierto', ...
             'Style','text', ...
             'Tag','StaticText1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
             'Units','points', ...
             'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
             'Position',[318 272.25 66 9], ...
             'FontSize',8, ...
             'FontWeight','bold', ...
             'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
             'String','Lazo cerrado', ...
             'Style','text', ...
             'Tag','StaticText1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
             'Units','points', ...
             'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
             'HorizontalAlignment','left', ...
             'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
             'Position',[256 62 153 12], ...
             'String','Sistema', ...
             'Style','text', ...
             'Tag','StaticText1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
             'Units','points', ...
             'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...

```

```

        'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
        'HorizontalAlignment','left', ...
'Position',[256 74 153 12], ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'String','Margen de ganancia,db', ...
'Style','text', ...
'Tag','StaticText2');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[256 86 153 12], ...
    'String','Frecuencia de cruce
de fase,rad/s', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText3');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[256 98 153 12], ...
    'String','Margen de
fase,grados',...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText4');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53], ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[256 110 153 12],...
    'String','Frecuencia de cruce
de ganancia,rad/s',...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText5');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[256 122 153 12], ...
    'String','Ancho de
banda,rad/s', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText6');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[256 134 153 12], ...
    'String','Máximo de
resonancia,db', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText7');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53], ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[256 146 153 12], ...
    'String','Frecuencia de
resonancia,rad/s', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText8');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53], ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'HorizontalAlignment','center',
...
    'Position',[39 45 186 12], ...
    'String','Vector variación de
frecuencia,por ejemplo: [0.1 10]', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText17');

callbackStr='continuofrecuencia("con
trol")';
b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'callback',callbackStr,...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[324 36 57 21], ...
    'String','ATRÁS', ...
    'Tag','Pushbutton1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'Callback','salir', ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[324 8 57 21], ...
    'String','SALIR', ...
    'Tag','Pushbutton2');

```

```

clear graf1;
graf1 = axes( ...
'Position',[0.56875 0.647783251231527
0.35625 0.199507389162562], ...
'XTick',[],'YTick',[], ...
'Box','on',...
'FontSize',8);
save graf1;
graf1;

```

```

clear graf;
graf = axes( ...
'Position',[0.0953125
0.645320197044335          0.353125
0.199507389162562], ...
'XTick',[],'YTick',[], ...
'Box','on',...
'FontSize',8);
save graf;
graf;

```

```

clear graf2;
graf2 = axes( ...
'Position',[0.0953125
0.330049261083744          0.35625
0.206896551724138], ...
'XTick',[],'YTick',[], ...
'Box','on',...
'FontSize',8);
save graf2;
graf2;

```

%carga el sistema ingresado

```

load control;
control;
if control==1;
load CPD;
clear FTc1;
FTc1=CPD;
save FTc1;
FTc1;
elseif control==2;
load CFM1;
clear FTc1;
FTc1=CFM1;
save FTc1;
FTc1;
elseif control==3;
load CFM2;
clear FTc1;
FTc1=CFM2;
save FTc1;
FTc1;
elseif control==4;

```

```

load CPDFM;
clear FTc1;
FTc1=CPDFM;
save FTc1;
FTc1;
elseif control==5;
load FTreal1f;
FTc1=FTreal1f;
save FTc1;
FTc1;

```

```

elseif control==7;
load FTreglaf;
FTc1=FTreglaf;
save FTc1;
FTc1;
elseif control==0;
load FTc;
FTc1=FTc;
save FTc1;
FTc1;
end

```

```

clear FCF;
FCF=FTc1;
save FCF;

```

```

%realimenta el sistema ingresado
clear FCFR;
FCFR=feedback(FCF,1);
save FCFR;

```

```
format short;
```

```

FCF;
[mag,fas,w1]=bode(FCF);
save w1;
magdb=20*log10(mag);
load graf;
graf;
axes(graf),semilogx(w1,magdb(:)),
grid on;
ylabel('Magnitud (db)');
xlabel('Frecuencia(rad/seg)');

```

```

[a,b]=size(w1);
q3=ones(1,b);
q2=-180*q3;
load graf2;
graf2;

```

```

axes(graf2),semilogx(w1,fas(:),w1,q2(:)
,'r'), grid on;
ylabel('Fase (Grados)');
xlabel('Frecuencia (rad/seg)');

```

```

FCFR;
[mag1,fas1,w2]=bode(FCFR);
magdb1=20*log10(mag1);
[a,b]=size(w2);
q=ones(1,b)*magdb1(1);
q1=q-3;
load graf1;
graf1;

axes(graf1),semilogx(w2,magdb1(:),w
2,q1(:),'r'), grid on;
ylabel('Magnitud (db)');
xlabel('Frecuencia(rad/seg)');

mf=[];
wf=[];
mg=[];
wg=[];
ab=[];
MR=[];
wm=[];

w3=logspace(-3,3,2000);
[op,op1]=size(w3);
[mag3,fas3,w3]=bode(FCFR,w3);
magdb3=20*log10(mag3);
save w3;
i=1;
a=1;
magdb3(1);
save magdb3;
save magdb3(1);
xx=magdb3(1)-3;
while a==1;
    r=magdb3(i)-1*xx;
    if r<0;
        r=magdb3(i)-1*xx;
        i;
        magdb3(i);
        clear ab;
        ab=w3(i);
        save ab;
        a=0;
    else
        if i==op1;
            ab=[];
            a=0;
        else
            i=i+1;
        end
    end
end
end
end

```

```

w4=logspace(-3,0,2000);
[mag4,fas4,w4]=bode(FCFR,w4);
magdb4=20*log10(mag4);
save w4;
magdb4(1);
[MR1,ww]=max(magdb4);
clear MR;
MR=MR1-magdb4(1);
save MR;
if MR~=0;
    clear wm;
    wm=w4(ww);
    save wm;
else
    wm=[];
end

if wm>0.1;
    axes(graf1),text(wm,MR1+20,'Mr');
end

e=1;
e1=1;
w5=logspace(-3,3,2000);
[mag5,fas5,w5]=bode(FCF,w5);
magdb5=20*log10(mag5);
save magdb5;
save fas5;
save w5;
j=2;
i=1;
ii=1;
while magdb5(j)-magdb5(i)>0 &
ii==1;
    if j==2000 | i==1999;
        e=0;
        e1=0;
        mf=[];
        wf=[];
        ii=0;
    else
        j=j+1;
        i=i+1;
    end
end

j;
i;
if i==1 & magdb5(i)<0;
    p=1;
else
    p=0;
end
end

```

```

if p==0;
while e1==1;
    if magdb5(j)<0;
        fas5(j);
        if fas5(j)<0;
            clear mf;
            clear wf;
            mf=180+fas5(j);
            wf=w5(j);
            save mf;
            save wf;
        else
            mf=[];
            wf=[];
        end
        e1=0;
    else
        if j==2000;
            mf=[];
            wf=[];
            e1=0;
        else
            j=j+1;
        end
    end
end
end
else
    mf=[];
    wf=[];
    e1=0;
end

w6=logspace(-3,4,2000);
[mag6,fas6,w6]=bode(FCF,w6);
magdb6=20*log10(mag6);
save fas6;
save magdb6;
q=1;
e=1;
e1=1;
ii=1;
j=2;
i=1;
while fas6(j)-fas6(i)>0 & ii==1;
    if j==2000 | i==1999;
        e=0;
        e1=0;
        mf=[];
        wf=[];
        ii=0;
    else
        j=j+1;
        i=i+1;
    end
end

```

```

end
q=j;
while e==1;
    if fas6(2000)<0;
        x=fas6(q)+180;
        if x<1;
            e=0;
        else
            if q==2000;
                mg=[];
                wg=[];
                e=0;
                e1=0;
            else
                q=q+1;
            end
        end
    end
    end
else
    mg=[];
    wg=[];
    e=0;
    e1=0;
end
end
end

r=q;
s=r+3;
e1=e1;
while e1==1;
    y=fas6(r)+180;
    if fas6(s)<-180;
        clear mg;
        clear wg;
        mg=-magdb6(q);
        wg=w6(q);
        save mg;
        save wg;
        e1=0;
    elseif y<0.5;
        clear wg;
        clear mg;
        mg=-magdb6(q);
        wg=w6(q);
        save mg;
        save wg;
        e1=0;
    else
        if r==2000;
            mg=inf;
            wg=inf;
            e1=0;
        else
            r=r+1;
        end
    end
end

```

```

        end
    end
end
    if      isempty(mg)==1      |
isempty(mf)==1;
    sist='problemas';
    elseif mg<0 & mf<0;
    sist='INESTAB.';
    elseif mg<0 & mf>0;
    sist='problemas';
    elseif mg>0 & mf<0;
    sist='problemas';
    elseif mg>0 & mf>0;
    sist='ESTABLE';
    end

b = uicontrol('Style','text', ...
'Position',[542 197 53 16], ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'ForegroundColor',[0 0 0], ...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53], ...
'String',num2str(wm,5),'Tag','Stati
cText9');

b = uicontrol('Style','text', ...
'Position',[542 181 53 16], ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'ForegroundColor',[0 0 0], ...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53], ...
'String',num2str(MR,5),'Tag','Stati
cText10');

b = uicontrol('Style','text', ...
'Position',[542 165 53 16], ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'ForegroundColor',[0 0 0], ...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53], ...
'String',num2str(ab,5),'Tag','Stati
cText11');

b = uicontrol('Style','text', ...
'Position',[542 149 53 16], ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'ForegroundColor',[0 0 0], ...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53], ...
'String',num2str(wf,5),'Tag','Stati
cText12');

b = uicontrol('Style','text', ...
'Position',[542 133 53 16], ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'ForegroundColor',[0 0 0], ...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53], ...
'String',num2str(mf,5),'Tag','Stati
cText13');

b = uicontrol('Style','text', ...
'Position',[542 117 53 16], ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'ForegroundColor',[0 0 0], ...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53], ...
'String',num2str(wg,5),'Tag','Stati
cText14');

b = uicontrol('Style','text', ...
'Position',[542 101 53 16], ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'ForegroundColor',[0 0 0], ...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53], ...
'String',num2str(mg,5),'Tag','Stati
cText15');

b = uicontrol('Style','text', ...
'Position',[542 85 53 16], ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'ForegroundColor',[0 0 0], ...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53], ...
'String',num2str(sist),'Tag','Stati
cText16');

fre=[];
save fre;
callbackStr
'continuofrecuencia("Fc");
b = uicontrol{ ...
'Style','edit', ...
'Position',[150 41 65 23],...
'HorizontalAlignment','center', ...
'Background','white', ...
'Foreground','black', ...
'String',num2str(fre),'Userdata',fre,
...
'callback',callbackStr,'Tag','Edit1'};

b = uicontrol('Style','Pushbutton',...
'Enable','on', ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'Position',[150 12 65 23], ...
'Callback','grafico2', ...
'String','LTIVIEW', ...
'Tag','Pushbutton3');

elseif strcmp(action,'Fc');
v = get(gco,'Userdata');
h2= get(gco,'String');
clear frecu1;

```

```

frecu1 = eval(h2,num2str(v));
save frecu1;
frecu1;
if      frecu1(1,1)<0.001      |
frecu1(1,1)>2000 | frecu1(1,2)<0.001 |
frecu1(1,2)>2000      |
frecu1(1,1)>frecu1(1,2)      |
    load fre;

set(gcf,'UserData',fre,'String',num2str(fre));
    errordlg('Su      variable      a
sobrepasado el límite de los
números');
    else
        clear fre
        fre=h2;
        save fre;
        a=log10(frecu1(1,1));
        b=log10(frecu1(1,2));
        wv=logspace(a,b,2000);

        load FCF;
        FCF;
        [mag,fas,w1]=bode(FCF,wv);
        magdb=20*log10(mag);
        load graf;
        axes(graf),semilogx(w1,magdb(:)),
grid on;
        ylabel('Magnitud (db)');
        xlabel('Frecuencia(rad/seg)');

        load graf2;
        axes(graf2),semilogx(w1,fas(:)),
grid on;
        ylabel('Fase (Grados)');
        xlabel('Frecuencia (rad/seg)');
        load FCFR;
        FCFR;
        [mag1,fas1,w2]=bode(FCFR,wv);
        magdb1=20*log10(mag1);

        load graf1;

        axes(graf1),semilogx(w2,magdb1(:)),
grid on;
        ylabel('Magnitud (db)');
        xlabel('Frecuencia(rad/seg)');
        set(gcf,'UserData',h2,'String',h2);
    end

elseif strcmp(action,'control'),
    load control;
    if control==1;
        pd;
        clear control;
        elseif control==2;
            filtromuesca1;
            clear control;
        elseif control==3;
            filtromuesca2;
            clear control;
        elseif control==4;
            pdfiltromuesca;
            clear control;
        elseif control==7 | control==5;
            lugargeometricosimetrico;
        else
            continuoanalysis;
            clear control;
        end
    end
clear control;
end

elseif strcmp(action,'control'),
    load control;
    if control==1;

```

```

CONTINUO LGR
function
[num,den]=continuolgr(action,s);

if nargin<1,
    action='initialize';
end

if strcmp(action,'initialize'),
    close all;
    clc;
    n=[20];
load continuolgr;

a = figure('Units','points', ...
    'Color',[0.85 0.75 0.15], ...
    'Colormap',mat0, ...
    'MenuBar','none', ...
    'Name','ORIENTACIÓN DE UN
SATÉLITE', ...
    'NumberTitle','off', ...
    'PointerShapeCData',mat1, ...
    'Position',[-0.75 23.25 480 304.5], ...
    'Tag','Fig1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[308 95 156 173], ...
    'String','framecontorno', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[322 151 132 105], ...
    'String','framebotones', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame2');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'Position',[329 193 117 50], ...
    'String','frameaux', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame13');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[51 6 394 72], ...
    'String','frameganancia', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame12');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'Position',[88.5 277.5 333 15], ...
    'FontSize',14, ...
    'FontWeight','bold', ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'String','Lugar geométrico de
las raíces', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');

b = uicontrol( ...
    'Style','text', ...
    'Position',[445 295 148 29], ...
    'foregroundColor',[0 0 0], ...
    'FontAngle','normal',...
    'FontSize',10,...
    'HorizontalAlignment','center',...
    'FontUnits','centimeters',...
    'FontWeight','normal',...
    'Visible','on', ...
    'String','Vector variación de
ganancia, por ejemplo:[0.1 99]');

callbackStr='continuolgr("control")';
b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'callback',callbackStr,...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[364 126 54 19], ...
    'String','ATRÁS', ...
    'Tag','Pushbutton1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[364 102 54 19], ...
    'Callback','SALIR', ...
    'String','SALIR', ...
    'Tag','Pushbutton2');

grafico = axes('Units','normalized',...
    'Box','on', ...
    'Position',[0.1203125
0.379310344827586 0.45
0.480295566502463], ...
    'Tag','Axes1', ...

```

```
'XTick',[],...
'YTick',[],'FontSize',8);
axes(grafico),n;
```

```
load control;
control;
if control==1;
load CPD;
FTc1=CPD;
save FTc1;
FTc1;
elseif control==3;
load CFM2;
FTc1=CFM2;
save FTc1;
FTc1;
elseif control==4;
load CPDFM;
FTc1=CPDFM;
save FTc1;
FTc1;
elseif control==5;
load FTreal1f;
FTc1=FTreal1f;
save FTc1;
FTc1;

elseif control==7;
load FTreglaf;
FTc1=FTreglaf;
save FTc1;
FTc1;
elseif control==0;
load FTc;
FTc1=FTc;
save FTc1;
FTc1;
end
format short;
FTc1;
clear FCL;
FCL=FTc1;
save FCL;
FCL;

rlocus(FCL);
grid on;

xlabel('Real');
ylabel('Imaginario');

vari=[];
save vari;
x=1;
```

```
save x;
x1=2;
save x1;
```

```
callbackStr = 'continuoIgr("Fc");
b = uicontrol( ...
'Style','edit', ...
'Position',[480 265 75 30], ...
'Background','white', ...
'Foreground','black', ...
'String',num2str(vari),'Userdata',vari,
...
'callback',callbackStr,'Tag','Edit1');

callbackStr = 'continuoIgr("Bot");
b = uicontrol('Style','Pushbutton', ...
'Position',[480 220 75 30],...
'Enable','on', ...
'Callback',callbackStr,...
'String','Análisis','Tag','Pushbutton3');

elseif strcmp(action,'Fc')
v = get(gcf,'Userdata');
gan = get(gcf,'String');
clear gananciac;
gananciac = eval(gan,num2str(v));
save gananciac;
gananciac;
clear x1;
x1=2;
if gananciac(1,1)<0 |
gananciac(1,1)>100 |
| gananciac(1,2)<0 |
gananciac(1,2)>100 |
gananciac(1,1)>gananciac(1,2)
load vari;
vari;

set(gcf,'Userdata',vari,'String',num2str(
vari));
errordlg('Su variable a
sobrepasado el número máximo de
iteraciones','Error');
else
load FCL;
FCL;
clear vari;
vari=gan;
save vari;
if abs(gananciac(1,1)-
gananciac(1,2))<100;

a=gananciac(1,1):0.1:gananciac(1,2);
a;
```

```

else
a=gananciac(1,1):10:gananciac(1,2);
    a;
end
clear x;
x=2;
save x;
b=rlocus(FCL,a);
b;
plot(real(b),imag(b),'.');
grid on;

set(gcf,'UserData',gan,'String',num2str(
gan));
    xlabel('Real');
    ylabel('Imaginario');
end

load x1
x1;
if x1==1;
    load etiq1;
    load etiq2;
    load etiq3;
    load ganan1;
    load ganan2;
    load ganan3;
    load ganan4;
    load ganan5;
    load ganan6;
    load ganan7;
    load ganan8;
    load ganan9;
    load frame3;
    load frame4;
    load frame5;
    load frame6;
    load frame7;
    load frame8;
    load frame9;
    load frame10;
    load frame11;
    set(etiq1,'Visible','off');
    set(etiq2,'Visible','off');
    set(etiq3,'Visible','off');
    set(ganan1,'Visible','off');
    set(ganan2,'Visible','off');
    set(ganan3,'Visible','off');
    set(ganan4,'Visible','off');
    set(ganan5,'Visible','off');
    set(ganan6,'Visible','off');
    set(ganan7,'Visible','off');
    set(ganan8,'Visible','off');

```

```

set(ganan9,'Visible','off');
set(frame3,'Visible','off');
set(frame4,'Visible','off');
set(frame5,'Visible','off');
set(frame6,'Visible','off');
set(frame7,'Visible','off');
set(frame8,'Visible','off');
set(frame9,'Visible','off');
set(frame10,'Visible','off');
set(frame11,'Visible','off');
else
end

elseif strcmp(action,'Bot')
    clear x1;
    x1=1;
    save x1;

frame3 = uicontrol( ...
    'Style','frame', ...
    'Position',[158 73 100 25], ...
    'HorizontalAlignment','left',...
    'Visible','on' ,...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53]);
save frame3;

frame4 = uicontrol( ...
    'Style','frame', ...
    'Position',[ 158 43 100 25], ...
    'HorizontalAlignment','left',...
    'Visible','on' ,...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53]);
save frame4;

frame5 = uicontrol( ...
    'Style','frame', ...
    'Position',[ 158 13 100 25], ...
    'HorizontalAlignment','left',...
    'Visible','on' ,...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53]);
save frame5;

frame6 = uicontrol( ...
    'Style','frame', ...
    'Position',[ 268 43 100 25], ...
    'HorizontalAlignment','left',...
    'Visible','on' ,...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53]);
save frame6;

frame7 = uicontrol( ...
    'Style','frame', ...
    'Position',[ 268 13 100 25], ...
    'HorizontalAlignment','left',...

```

```
'Visible','on' ,...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53]);
save frame7;
```

```
frame8 = uicontrol( ...
'Style','frame', ...
'Position',[378 43 100 25], ...
'HorizontalAlignment','left',...
'Visible','on' ,...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53]);
save frame8;
```

```
frame9 = uicontrol( ...
'Style','frame', ...
'Position',[378 13 100 25], ...
'HorizontalAlignment','left',...
'Visible','on' ,...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53]);
save frame9;
```

```
frame10 = uicontrol( ...
'Style','frame', ...
'Position',[ 488 43 100 25], ...
'HorizontalAlignment','left',...
'Visible','on' ,...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53]);
save frame10;
```

```
frame11 = uicontrol( ...
'Style','frame', ...
'Position',[488 13 100 25], ...
'HorizontalAlignment','left',...
'Visible','on' ,...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53]);
save frame11;
```

```
etiq1=uicontrol( ...
'Style','text', ...
'Position',[76 78 80 20], ...
'foregroundColor',[0.6 0.5 0], ...

'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53], ...
'FontAngle','normal',...
'FontSize',10,...
'HorizontalAlignment','left',...
'FontUnits','centimeters',...
'FontWeight','demi',...
'Visible','on' ,...
'String','Ganancia:');
save etiq1;
```

```
etiq2=uicontrol( ...
'Style','text', ...
'Position',[ 76 48 80 20], ...
```

```
'foregroundColor',[0.6 0.5 0], ...

'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53], ...
'FontAngle','normal',...
'HorizontalAlignment','left',...
'FontSize',10,...
'Visible','on' ,...
'FontUnits','centimeters',...
'FontWeight','demi',...
'String','Posición:');
save etiq2;
```

```
etiq3=uicontrol( ...
'Style','text', ...
'Position',[76 18 80 20], ...
'foregroundColor',[0.6 0.5 0], ...

'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53], ...
'FontAngle','normal',...
'FontSize',10,...
'HorizontalAlignment','left',...
'Visible','on' ,...
'FontUnits','centimeters',...
'FontWeight','demi',...
'String','Punto:');
save etiq3;
```

```
ganan1 = uicontrol('style','text',...
'Position',[160 78 95 15],...
'HorizontalAlignment','left',...
'foregroundColor',[0.6 0.5 0], ...

'Visible','on' ,...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53]);
save ganan1;
```

```
ganan2 = uicontrol('style','text',...
'Position',[160 48 95 15],...
'HorizontalAlignment','left',...
'foregroundColor',[0.6 0.5 0], ...

'Visible','on' ,...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53]);
save ganan2;
```

```
ganan3 = uicontrol('style','text',...
'Position',[160 18 95 15],...
'HorizontalAlignment','left',...
'foregroundColor',[0.6 0.5 0], ...

'Visible','on' ,...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53]);
save ganan3;
```

```

ganan4 = uicontrol('style','text',...
'Position',[270 48 95 15],...
'HorizontalAlignment','left',...
'Visible','on' ,...
'foregroundcolor',[0.6 0.5 0], ...

'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53]);
save ganan4;

```

```

ganan5 = uicontrol('style','text',...
'Position',[270 18 95 15],...
'HorizontalAlignment','left',...
'foregroundcolor',[0.6 0.5 0], ...

'Visible','on' ,...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53]);
save ganan5;

```

```

ganan6 = uicontrol('style','text',...
'Position',[380 48 95 15],...
'HorizontalAlignment','left',...
'foregroundcolor',[0.6 0.5 0], ...

'Visible','on' ,...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53]);
save ganan6;

```

```

ganan7 = uicontrol('style','text',...
'Position',[380 18 95 15],...
'HorizontalAlignment','left',...
'foregroundcolor',[0.6 0.5 0], ...

'Visible','on' ,...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53]);
save ganan7;

```

```

ganan8 = uicontrol('style','text',...
'Position',[490 48 95 15],...
'HorizontalAlignment','left',...
'foregroundcolor',[0.6 0.5 0], ...

'Visible','on' ,...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53]);
save ganan8;

```

```

ganan9 = uicontrol('style','text',...
'Position',[490 18 95 15],...
'HorizontalAlignment','left',...
'foregroundcolor',[0.6 0.5 0], ...

'Visible','on' ,...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53]);
save ganan9;

```

```

format short;
load FCL;
FCL;
load x;
x;
if x==2;
load gananciac;
gananciac;

```

```

a=gananciac(1,1):0.1:gananciac(1,2);
a;
b=rlocus(FCL,a);
b;
plot(real(b),imag(b),'.');
else
rlocus(FCL);
end

```

```

grid on;
xlabel('Real');
ylabel('Inmagenario');
format short;
[g,pos]=rlocfind(FCL);
g;
pos;
[v2,d2]=size(pos);
v2;
if v2==1;
if real(pos)==0;
e1='Estabilidad Crítica';
elseif real(pos(1,:))<0;
e1='Estable';
else
e1='Inestable';
end
format short;
a=g;
b=pos(1,:);
a;
b;
e1;
set(ganan1,'String',num2str(a,4));
set(ganan2,'String',num2str(b,4));
set(ganan3,'String',num2str(e1));
elseif v2==2;
if real(pos(1,:))==0;
e1='Estabilidad Crítica';
elseif real(pos(1,:))<0;
e1='Estable';
else
e1='Inestable';
end
format short;

```

```

a=g;
b=pos(1,:);
a;
b;
e1;
set(ganan1,'String',num2str(a,4));
set(ganan2,'String',num2str(b,4));
set(ganan3,'String',num2str(e1));
if real(pos(2,:))==0;
    e2='Estabilidad Crítica';
elseif real(pos(2,:))<0;
    e2='Estable';
else
    e2='Inestable';
end
format short;
c=pos(2,:);
c;
e2;
set(ganan4,'String',num2str(c,4));
set(ganan5,'String',num2str(e2));
elseif v2==3;
if real(pos(1,:))==0;
    e1='Estabilidad Crítica';
elseif real(pos(1,:))<0;
    e1='Estable';
else
    e1='Inestable';
end

format short;
a=g;
b=pos(1,:);
a;
b;
e1;
set(ganan1,'String',num2str(a,4));
set(ganan2,'String',num2str(b,4));
set(ganan3,'String',num2str(e1));
if real(pos(2,:))==0;
    e2='Estabilidad Crítica';
elseif real(pos(2,:))<0;
    e2='Estable';
else
    e2='Inestable';
end

format short;
c=pos(2,:);
c;
e2;
set(ganan4,'String',num2str(c,4));
set(ganan5,'String',num2str(e2));
if real(pos(3,:))==0;

```

```

    e3='Estabilidad Crítica';
elseif real(pos(3,:))<0;
    e3='Estable';
else
    e3='Inestable';
end

format short;
d=pos(3,:);
d;
e3;
set(ganan6,'String',num2str(d,4));
set(ganan7,'String',num2str(e3));
else
if real(pos(1,:))==0;
    e1='Estabilidad Crítica';
elseif real(pos(1,:))<0;
    e1='Estable';
else
    e1='Inestable';
end

format short;
a=g;
b=pos(1,:);
a;
b;
e1;
set(ganan1,'String',num2str(a,4));
set(ganan2,'String',num2str(b,4));
set(ganan3,'String',num2str(e1));
if real(pos(2,:))==0;
    e2='Estabilidad Crítica';
elseif real(pos(2,:))<0;
    e2='Estable';
else
    e2='Inestable';
end

format short;
c=pos(2,:);
c;
e2;
set(ganan4,'String',num2str(c,4));
set(ganan5,'String',num2str(e2));
if real(pos(3,:))==0;
    e3='Estabilidad Crítica';
elseif real(pos(3,:))<0;
    e3='Estable';
else
    e3='Inestable';
end

format short;

```

```

d=pos(3,:);
d;
e3;
set(ganan6,'String',num2str(d,4));
set(ganan7,'String',num2str(e3));
if real(pos(4,:))==0;
    e4='Estabilidad Crítica';
elseif real(pos(4,:))<0;
    e4='Estable';
else
    e4='Inestable';
end

format short;
f=pos(4,:);
f;
e4;
set(ganan8,'String',num2str(f,4));
set(ganan9,'String',num2str(e4));
end
xlabel('Real');
ylabel('Imaginario');

elseif strcmp(action,'control'),
load control;
control;
if control==1;
    pd;
elseif control==2;
    filtromuesca1;
elseif control==3;
    filtromuesca2;
elseif control==4;
    pdfiltromuesca;
elseif control==7 | control==5;
    lugargeometricosimetrico;
else
    continuoanalysis;
clear control;
end
clear control;
end

```

```

CONTINUO TEMPORAL
function
[num,den]=continuotemporal(action,s
);

if nargin<1,
    action='initialize';
end
if strcmp(action,'initialize'),
    close all;
    clc;
    n=[20];

load continuotemporal
a = figure('Units','points', ...
'Color',[0.85 0.75 0.15], ...
'Colormap',mat0, ...
'MenuBar','none', ...
'Name','ORIENTACIÓN DE UN
SATÉLITE', ...
'NumberTitle','off', ...
'PointerShapeCData',mat1, ...
'Position',[-0.75 23.25 480 304.5], ...
'Tag','Fig1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'Position',[323 79 147 144], ...
'String','framecontorno', ...
'Style','frame', ...
'Tag','Frame1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'Position',[328 144 136 64], ...
'String','framebotones', ...
'Style','frame', ...
'Tag','Frame2');

b = uicontrol('Parent',a, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
'Position',[140 261 202 22], ...
'FontSize',16, ...
'FontWeight','bold', ...
'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
'String','RESPUESTA TEMPORAL',
...

```

```

'Style','text', ...
'Tag','StaticText1');
b = uicontrol('Parent',a, ...
'Units','points', ...
'callback','continuoanálisis',...
'HorizontalAlignment','left', ...
'Position',[369 115 57 21], ...
'String','ATRÁS', ...
'Tag','Pushbutton3');

b = uicontrol('Parent',a, ...
'Units','points', ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'Position',[369 90 57 21], ...
'Callback','salir', ...
'String','SALIR', ...
'Tag','Pushbutton4');

graf = axes( ...
'Units','pixels',...
'Position',[78 216 284 100], ...
'XTick',[],'YTick',[], ...
'Visible','on',...
'Box','on');
sistemala1=imread('sistemala1.bmp');
save sistemala1
load sistemala1.mat;
axes(graf);image(sistemala1);axis off;

b = uicontrol('Parent',a, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
'Position',[117 144 105.75 15], ...
'FontSize',8, ...
'FontWeight','bold', ...
'ForegroundColor',[0 0 0], ...
'String','Sistema en lazo
abierto', ...
'Style','text', ...
'Tag','StaticText2');

graf = axes( ...
'Units','pixels',...
'Position',[78 63 284 100], ...
'XTick',[],'YTick',[], ...
'Visible','on',...
'Box','on');
sistemalc1=imread('sistemalc1.bmp');
save sistemalc1
load sistemalc1.mat;
axes(graf);image(sistemalc1);axis off;

b = uicontrol('Parent',a, ...

```

```

        'Units','points', ...
        'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
        'Position',[75 27 177.75 15.75 ],
...
        'FontSize',8, ...
        'FontWeight','bold', ...
        'ForegroundColor',[0 0 0], ...
        'String','Sistema con
realimentación unitaria', ...
        'Style','text', ...
        'Tag','StaticText3');

callbackStr='continuotemporal("real")'
;
clear realimenc;
realimenc = uicontrol('Parent',a, ...
        'Units','points', ...
        'BackgroundColor',[0.752941
0.752941 0.752941], ...
        'Position',[332 179 127 21], ...
        'String','REALIMENTACIÓN
UNITARIA', ...
        'Style','radiobutton', ...
        'Value',0,...
        'Callback',callbackStr,...
        'Tag','Radiobutton1');
save redlimenc;

callbackStr='continuotemporal("lazo")'
;
clear lazocerrc;
lazocerrc = uicontrol('Parent',a, ...
        'Units','points', ...
        'BackgroundColor',[0.752941
0.752941 0.752941], ...
        'Position',[332 154 127 19], ...
        'String','LAZO ABIERTO', ...
        'Style','radiobutton', ...
        'Value',0,...
        'Callback',callbackStr,...
        'Tag','Radiobutton2');
save lazocerrc;

elseif strcmp(action,'real'),
    cc=get(gco,'value');
    save cc;
    cc;
    load lazocerrc;
    lazocerrc;
    if cc==0;
        dc=1;
        save dc;
        set(lazocerrc,'value',1);
    else
        dc=0;
        save dc;
        set(lazocerrc,'value',0);
        load FTc;
        FTc1=FTc;
        save FTc1;
        FTc1;
        FTc2=feedback(FTc1,1);
        save FTc2;
        FTc2;
        save cc;
        cc;
        continuotemporal1;
    end

elseif strcmp(action,'lazo'),
    dc=get(gco,'value');
    save dc;
    dc;
    load realimenc;
    realimenc;
    if dc==0;
        cc=1;
        save cc;
        set(realimenc,'value',1);
    else
        cc=0;
        save cc;
        set(realimenc,'value',0);
        load FTc;
        FTc1=FTc;
        save FTc1;
        FTc1;
        FTc2=FTc1;
        save FTc2;
        FTc2;
        save dc;
        dc;
        continuotemporal1;
    end
end
end

```

```

CONTINUO TEMPORAL 1
function
[num,den]=continuoTemporal(action,s
);

if nargin<1,
    action='initialize';
end

if strcmp(action,'initialize'),
    close all;
    clc;
    n=[20];
load continuoTemporal;

a = figure('Units','points', ...
    'Color',[0.85 0.75 0.15], ...
    'Colormap',mat0, ...
    'MenuBar','none', ...
    'Name','ORIENTACIÓN DE UN
SATÉLITE', ...
    'NumberTitle','off', ...
    'PointerShapeCData',mat1, ...
    'Position',[-0.75 23.25 480 304.5], ...
    'Tag','Fig1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[292.5 135.75 174.75
124.5], ...
    'String','framecontorno', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame1');

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'HorizontalAlignment','left', ...
    'Position',[296.25 189 167.25
66.75], ...
    'String','framebotones', ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame2');

b = uicontrol( ...
    'Style','frame', ...
    'Position',[110 27 418 127], ...
    'String','frametiempo', ...
    'Tag','Frame3',...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53]);

```

```

b = uicontrol( ...
    'Style','frame', ...
    'Position',[360 126 59 20], ...
    'String','framevariacion', ...
    'Tag','Frame4',...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53]);

b = uicontrol('Parent',a, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontSize',16, ...
    'FontWeight','demi', ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'Position',[106 274 285 19], ...
    'String','Respuesta a una
entrada paso unitario', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');

b = uicontrol('style','text',...
    'Position',[116 91 31 19],...
    'HorizontalAlignment','center',...
    'foregroundColor',[0.6 0.5 0], ...

    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...
    'String','1','Tag','StaticText2');

b = uicontrol('style','text',...
    'Position',[488 91 30 19],...
    'HorizontalAlignment','center',...
    'foregroundColor',[0.6 0.5 0], ...

    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...
    'String','1000','Tag','StaticText3');

b = uicontrol('style','text',...
    'Position',[206 124 154 18],...
    'HorizontalAlignment','center',...
    'foregroundColor',[0.6 0.5 0], ...

    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...
    'FontWeight','normal',...
    'String','Tiempo de
simulación:','Tag','StaticText4');

b = uicontrol( ...
    'Style','text', ...
    'Position',[401 309 152 18], ...
    'foregroundColor',[0.6 0.5 0], ...

```

```

'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...
'FontAngle','normal',...
'FontSize',8,...
'HorizontalAlignment','left',...
'FontUnits','centimeters',...
'FontWeight','normal',...
'String','Sistema: ','Tag','StaticText5');
b = uicontrol( ...
'Style','text', ...
'Position',[401 284 152 18], ...
'foregroundcolor',[0.6 0.5 0], ...

'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...
'FontAngle','normal',...
'HorizontalAlignment','left',...
'FontSize',8,...
'FontUnits','centimeters',...
'FontWeight','normal',...
'String','Máximo
Sobreimpulso:','Tag','StaticText6');
b = uicontrol( ...
'Style','text', ...
'Position',[401 259 152 18], ...
'foregroundcolor',[0.6 0.5 0], ...

'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...
'FontAngle','normal',...
'FontSize',8,...
'HorizontalAlignment','left',...
'FontUnits','centimeters',...
'FontWeight','normal',...
'String','Tiempo de
Estabilización:','Tag','StaticText7');
b = uicontrol( ...
'Style','text', ...
'Position',[603 284 12 18], ...
'foregroundcolor',[0 0 0], ...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...
'HorizontalAlignment','left',...
'FontUnits','centimeters',...
'String','%','Tag','StaticText8');
b = uicontrol( ...
'Style','text', ...
'Position',[603 259 12 18], ...
'foregroundcolor',[0 0 0], ...
'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...
'HorizontalAlignment','left',...
'FontUnits','centimeters',...
'String','s','Tag','StaticText9');
callbackStr='continuotemporal1("control");
b = uicontrol('Parent',a, ...
'Units','points', ...
'callback',callbackStr,...
'HorizontalAlignment','left', ...
'Position',[351 165.75 57.75 21],
...
'String','ATRÁS', ...
'Tag','Pushbutton1');
b = uicontrol('Parent',a, ...
'Units','points', ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'Position',[351 139.5 57.75 21], ...
'Callback','salir', ...
'String','SALIR', ...
'Tag','Pushbutton2');
b = uicontrol('Style','Pushbutton',...
'Enable', 'on', ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'Position',[274 46 92 22], ...
'Callback','grafico1', ...
'String','LTIVIEW', ...
'Tag','Pushbutton3');
graficoc = axes('Units','normalized',...
'Box','on', ...
'Position',[0.1 0.47 0.46 0.38], ...
'Tag','Axes1', ...
'XTick',[],...
'YTick',[],'FontSize',8);
axes(graficoc),n;
load control;
control;
if control==1;
load CPD;
FTc2=feedback(CPD,1);
save FTc2;
FTc2;
elseif control==2;
load CFM1;
FTc2=feedback(CFM1,1);
save FTc2;
FTc2;
elseif control==3;
load CFM2;

```

```

    FTc2=feedback(CFM2,1);
    save FTc2;
    FTc2;
elseif control==4;
    load CPDFM;
    FTc2=feedback(CPDFM,1);
    save FTc2;
    FTc2;
elseif control==0;
    load FTc2;
    FTc2;
    save FTc2;
end
load FTc2;
FTc2;
clear FCT;
FCT=FTc2;
save FCT;

tc=0:1:1000;
y=step(FCT,tc);
save y
[w,w1]=size(y);
save w

i=1;
j=2;
n=0;
l=1;
z=0;
qq=0;
qq1=0;
while z==0;
    if isnan(y(1001))==0;
        z=1;
    elseif isnan(y(l))==1;
        qq=1;
        i1=l-5;
        tic1=tc(i1);
        tmc=tic1;
        save tmc;
        t2c=0:1:t1c1;
        load FCT;
        y1=step(FCT,t2c);
        mc=plot(t2c,y1);
        grid on;
        SISTEMA='INESTABLE';
        save SISTEMA;
        mpc=[];
        tsc=[];
        n=1;
        z=1;
    else
        l=l+1;
end
end
end
x=0;
m=0;

while x==0;
    if isinf(y(1001))==0;
        x=1;
    elseif isinf(y(m))==1;
        qq1=1;
        i1=m-5;
        tic1=tc(i1);
        t2c=0:1:t1c1;
        tmc=tic1;
        save tmc;
        load FCT;
        y1=step(FCT,t2c);
        mc=plot(t2c,y1);
        grid on;
        SISTEMA='INESTABLE';
        save SISTEMA;
        mpc=[];
        tsc=[];
        n=1;
        x=1;
    else
        m=m+1;
    end
end
end
n=0;
nn=0;
p=1;
u=w-10;
ii=u;
p1=1;
while n==0;
    if qq==1;
        n=1;
    elseif qq1==1;
        n=1;
    else
        for i=u:w;
            k=i-1;
            if abs(y(i)-y(k))>0.001
                var(i)=0;
            else
                var(i)=1;
            end
        end
    end
    while nn==0;
        if var(ii)==0;
            t2c=0:1:500;
            tmc=500;

```



```

load SISTEMA;
SIST=SISTEMA;
max_tiemc=1000;
min_tiemc=1;
load tmc;
tiemc=fmc;

b = uicontrol('style','text',...
    'Position',[553 309 61 18],...
    'HorizontalAlignment','left',...
    'foregroundColor',[0 0 0], ...

    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...

'String',num2str(SIST),'Tag','StaticText10')
;

b = uicontrol('style','text',...
    'Position',[553 284 49 18],...
    'HorizontalAlignment','left',...
    'foregroundColor',[0 0 0], ...

    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...

'String',num2str(mpc,5),'Tag','StaticText
11');

b = uicontrol('style','text',...
    'Position',[553 259 51 18],...
    'HorizontalAlignment','left',...
    'foregroundColor',[0 0 0], ...

    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...

'String',num2str(tsc,5),'Tag','StaticText12
');

callbackStr='continuotemporal1 ("s");';
tiemc_slider=uicontrol('Style','slider',...
    'Position',[140 90 350 20],...

'Value',tiemc,'Max',max_tiemc,'Min',mi
n_tiemc,...
    'Callback',callbackStr);

b = uicontrol('style','text',...
    'Position',[361 127 50 16],...
    'HorizontalAlignment','center',...
    'foregroundColor',[0.6 0.5 0], ...

    'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...

'String',num2str(tiemc,5),'Tag','StaticTex
t13');

elseif strcmp(action,'sl'),
    tfc = get(gcf,'Value');
    b = uicontrol('style','text',...
        'Position',[361 127 50 16],...
        'HorizontalAlignment','center',...
        'foregroundColor',[0.6 0.5 0], ...

        'BackgroundColor',[0.98 0.88 0.53],
...

'String',num2str(tfc,4),'Tag','StaticText14
');

load FCT;
if tfc<200;
    t2c=0:tfc/1000:tfc;
else
    t2c=0:tfc/100:tfc;
end
y1=step(FCT,t2c);
mc=plot(t2c,y1);
grid on;
xlabel('tiempo[s]');
ylabel('respuesta temporal');

elseif strcmp(action,'control'),
    load control;
    control;
    if control==1;
        pd;
    elseif control==2;
        filtromuesca1;
    elseif control==3;
        filtromuesca2;
    elseif control==4;
        pdfiltromuesca;
    elseif control==0
        continuotemporal;
    clear control;
end
clear control;
end
end

```

```

CONTROLABILIDAD
function
[num,den]=controlabilidad(action,s);

if nargin<1,
    action='initialize';
end

if strcmp(action,'initialize'),
    clear all;
    clc;
    close all;

load controlabilidad

h0 = figure('Units','points', ...
    'Color',[0.85 0.75 0.15], ...
    'Colormap',mat0, ...
    'FileName','C:\MATLABR11\wor
k\Paty\controlabilidad.m', ...
    'MenuBar','none', ...
    'Name','ORIENTACION DE UN
SATELITE', ...
    'NumberTitle','off', ...
    'PaperPosition',[18 180 576 432],
    ...
    'PaperUnits','points', ...
    'Position',[0 24 480 304.5], ...
    'Tag','Fig1', ...
    'ToolBar','none');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[329.25 86.25 117.75
125.25], ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame1');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'Position',[72 141 171 53], ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame2');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[340.875 147.75 94.5
48], ...
    'Style','frame', ...

```

```

    'Tag','Frame3');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'Position',[183 77.25 94.5 23.25],
    ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame4');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'Position',[140 261 202 22], ...
    'FontSize',16, ...
    'FontWeight','bold', ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'String','CONTROLABILIDAD', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontSize',10, ...
    'FontWeight','demi', ...
    'ForegroundColor',[0 0 0], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[11 210 308 16], ...
    'String','LA MATRIZ
CONTROLABILIDAD ES:', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText2');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontSize',10, ...
    'FontWeight','demi', ...
    'ForegroundColor',[0 0 0], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[72 77.25 107.25 18], ...
    'String','EL SISTEMA ES:', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText3');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
    'Callback','continuocontrolanal
isis', ...
    'ListboxTop',0, ...

```

```

        'Position',[361.875 120.75 52.5
18.75], ...
        'String','ATRÁS', ...
        'Tag','Pushbutton1');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
    'Callback','salir', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[361.5 94.5 53.25 19.5],
...
    'String','SALIR', ...
    'Tag','Pushbutton2');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
    'Callback','continuocontrolestad
do', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[357.75 159.75 60.75
22.5], ...
    'String','DISEÑO', ...
    'Tag','Pushbutton3');
load FTce;
CC=ctrb(FTce);
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[78.75 147 157.5
44.25], ...
    'String',num2str(CC), ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');
d=det(CC);
if d~=0
    ANA='CONTROLABLE';
else
    ANA='NO CONTROLABLE';

end
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[186.75 79.5 89.25
17.25], ...
    'Style','text', ...
    'String',num2str(ANA), ...
    'Tag','StaticText4');
end

```

```

CONTROL LUGAR GEOMETRICO
function
[num,den]=controllugargeometrico(a
ction,s);

if nargin<1,
    action='initialize';
end

if strcmp(action,'initialize'),
    clear all;
    clc;
    close all;

load controllugargeometrico

h0 = figure('Units','points', ...
    'Color',[0.85 0.75 0.15], ...
    'Colormap',mat0, ...
    'FileName','C:\MATLABR11\wor
k\Paty\controllugargeometrico.m', ...
    'MenuBar','none', ...
    'Name','ORIENTACIÓN DE UN
SATÉLITE', ...
    'NumberTitle','off', ...
    'PaperPosition',[18 180 576 432],
...
    'PaperUnits','points', ...
    'Position',[0 24 480 304.5], ...
    'Tag','Fig1', ...
    'ToolBar','none');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[226.5 79.5 224.25
159], ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame1');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[233.25 147.75 210.75
81.75], ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame2');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontSize',16, ...
    'FontWeight','bold', ...

```

```

'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
'ListboxTop',0, ...
'Position',[117.75 261.75 261.75
21.75], ...
'String','CÁLCULO DEL VECTOR
GANANCIA', ...
'Style','text', ...
'Tag','StaticText1');
b = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontSize',12, ...
    'FontWeight','bold', ...
    'HorizontalAlignment','center',
...
    'Position',[46.5 81 159.75 99.75],
...
    'String','El cálculo de la
ganacia K se realiza ubicando los
polos en las posiciones deseadas
utilizando la técnica del lugar
geométrico de las raíces simétrico y
con el comando lqr(regulador
cuadrático lineal) de MATLAB.', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText2');
load estado
if estado==1
    c='leycontrol';
    save c;
else
    end
load c;
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
    'Callback',c, ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[237.375 191.25 202.5
25.5], ...
    'String','LUGAR GEOMÉTRICO
DE LAS RAÍCES SIMÉTRICO', ...
    'Tag','Pushbutton1');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
    'Callback','regulador', ...
    'ListboxTop',0, ...

```

```

        'Position',[237.375 162 202.5
25.5], ...
        'String','REGULADOR
CUADRÁTICO LINEAL', ...
        'Tag','Pushbutton2');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
        'Units','points', ...
        'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
        'Callback','continuocontrolestado', ...
        'ListboxTop',0, ...
        'Position',[303.375 118.5 70.5
21.75], ...
        'String','ATRÁS', ...
        'Tag','Pushbutton3');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
        'Units','points', ...
        'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
        'Callback','salir', ...
        'ListboxTop',0, ...
        'Position',[303.375 90 70.5 21], ...
        'String','SALIR', ...
        'Tag','Pushbutton4');

end

```

```

function
[num,den]=estabilidad(action,s);

if nargin<1,
    action='initialize';
end

if strcmp(action,'initialize'),
    clear all;
    clc;
    close all;

load estabilidad

h0 = figure('Units','points', ...
    'Color',[0.85 0.75 0.15], ...
    'Colormap',mat0, ...
    'FileName','C:\MATLABR11\wor
k\Paty\estabilidad.m', ...
    'MenuBar','none', ...
    'Name','ORIENTACION DE UN
SATELITE', ...
    'NumberTitle','off', ...
    'PaperPosition',[18 180 576 432],
...
    'PaperUnits','points', ...
    'Position',[0 24 480 304.5], ...
    'Tag','Fig1', ...
    'ToolBar','none');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[329.25 86.25 117.75
125.25], ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame1');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[141.75 150 84 53.25],
...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame3');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'Position',[183 77.25 94.5 23.25],
...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame4');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'Position',[140 261 202 22], ...
    'FontSize',16, ...
    'FontWeight','bold', ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'String','ESTABILIDAD', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontSize',10, ...
    'FontWeight','demi', ...
    'ForegroundColor',[0 0 0], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[11 210 308 16], ...
    'String','LOS VALORES PROPIOS
DE LA MATRIZ A SON:', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText2');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontSize',10, ...
    'FontWeight','demi', ...
    'ForegroundColor',[0 0 0], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[72 77.25 107.25 18], ...
    'String','EL SISTEMA ES:', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText3');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
    'Callback','continuocontrolanal
isis', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[361.875 120.75 52.5
18.75], ...
    'String','ATRÁS', ...
    'Tag','Pushbutton1');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...

```

```

        'Callback','salir', ...
        'ListboxTop',0, ...
        'Position',[361.5 94.5 53.25 19.5],
...
        'String','SALIR', ...
        'Tag','Pushbutton2');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[340.875 147.75 94.5
48], ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame2');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
    'Callback','continuocontrolestado', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[357.75 159.75 60.75
22.5], ...
    'String','DISEÑO', ...
    'Tag','Pushbutton3');
load FTce;
E=eig(FTce);
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[146.25 154.5 74.25
43.5], ...
    'String',num2str(E), ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');

if real(E(1))<0 & real(E(2))<0 &
real(E(3))<0 & real(E(4))<0;
    ANA='ESTABLE';
else
    ANA='INESTABLE';
end

h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[184.5 80.25 89.25
17.25], ...
    'Style','text', ...
    'String',num2str(ANA), ...
    'Tag','StaticText4');
end

```

```

function
[num,den]=estimador(action,s);

if nargin<1,
    action='initialize';
end

if strcmp(action,'initialize'),
    close all;
    clc;
    ns=[20];
load lugargeometricosimetrico

h0 = figure('Units','points', ...
    'Color',[0.85 0.75 0.15], ...
    'Colormap',mat0, ...
    'FileName','C:\MATLABR11\wor
k\Paty\estimador.m', ...
    'MenuBar','none', ...
    'Name','ORIENTACIÓN DE UN
SATÉLITE', ...
    'NumberTitle','off', ...
    'PaperPosition',[18 180 576 432],
...
    'PaperUnits','points', ...
    'Position',[0 24 480 304.5], ...
    'Tag','Fig1', ...
    'ToolBar','none');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[288.75 39.75 171.75
204.75], ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','frame1');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[294.75 109.5 159.75
120], ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','frame2');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
    'FontWeight','normal', ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[30 82.5 173.25 12.75],
...

```

```

'String','Variación de
ganancia,por ejemplo:[0.1 1499]', ...
'Style','text', ...
'Tag','StaticText1');

h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'FontWeight','demi', ...
    'ForegroundColor',[0 0 0], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[317.25 211.5 114
12.75], ...
    'String','ESTADOS', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');
callbackstr='estimador("llamada1");
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'HorizontalAlignment','left',...
    'Position',[305.25 184.5 137.25 20.25],
...
    'Callback',callbackstr, ...
    'String','X1 = POSICIÓN
ANGULAR 2', ...
    'Tag','Pushbutton1');
callbackstr='estimador("llamada2");
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'HorizontalAlignment','left',...
    'Position',[305.25 162 137.25
20.25], ...
    'Callback',callbackstr, ...
    'String','X2 = VELOCIDAD
ANGULAR 2', ...
    'Tag','Pushbutton2');
callbackstr='estimador("llamada3");
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'HorizontalAlignment','left',...

```

```

'Position',[305.25 140.25 137.25
20.25], ...
'Callback',callbackstr, ...
'String','X3 = POSICIÓN
ANGULAR 1', ...
'Tag','Pushbutton3');
callbackstr='estimador("llamada4");
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
'ListboxTop',0, ...
'HorizontalAlignment','left',...
'Position',[305.25 117.75 137.25
20.25], ...
'Callback',callbackstr, ...
'String','X4 = VELOCIDAD
ANGULAR 1', ...
'Tag','Pushbutton3');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
'Callback','controllugargeomet
rico1', ...
'ListboxTop',0, ...
'Position',[335.25 77.25 78.75
22.5], ...
'String','ATRÁS', ...
'Tag','Pushbutton4');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588,
0.752941176470588], ...
'Callback','salir', ...
'ListboxTop',0, ...
'Position',[335.25 48.75 78.75
22.5], ...
'String','SALIR', ...
'Tag','Pushbutton5');
b = uicontrol('Parent',h0, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
'Position',[ 87 270 334.5 18.75],
...
'FontSize',14, ...
'FontWeight','bold', ...
'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
'String','Lugar geométrico de
las raíces simétrico', ...

```

```

'Style','text', ...
'Tag','StaticText1');
grafico = axes('Units','normalized',...
'Box','on', ...
'Position',[0.090625
0.413793103448276 0.45
0.38423645320197 ], ...
'Tag','Axes1', ...
'XTick',[],...
'YTick',[],'FontSize',8);
axes(grafico),ns;

load estado
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
'FontWeight','demi', ...
'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
'ListboxTop',0, ...
'Position',[33 45 221 14], ...
'String','Puede modificar los
polos del estimador escogidos:', ...
'Style','text', ...
'Tag','StaticText1');
CallbackStr='estimador("POLOS");
poloskc = uicontrol('Parent',h0, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[1 1 1], ...
'Callback',CallbackStr, ...
'ListboxTop',0, ...
'Position',[73 27 183 15], ...
'String','[(-1.65+.78i)(-1.65-.78i)(-
.68+1.89i)(-.68-1.89i)]', ...
'Style','edit', ...
'Tag','EditText2', ...
'UserData',[(-1.65+.78i)(-1.65-.78i)(-
.68+1.89i)(-.68-1.89i)];
callbackstr='estimador("estima");
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
'Callback',callbackstr, ...
'ListboxTop',0, ...
'Position',[261 25 21 15], ...
'String','L', ...
'Tag','Pushbutton6');

load l1c;
load l2c;
load dc;
load kc;

```

```

ns1=[dc kc];
ns2=[-dc kc];
ns=conv(ns1,ns2);
ds1=[11c*12c (11c+12c)*dc (11c+12c)*kc
0 0];
ds2=[11c*12c -(11c+12c)*dc (11c+12c)*kc
0 0];
ds=conv(ds1,ds2);
FTs=ff(ns,ds);
save FTs;
rlocus(FTs);
grid on;

```

```

xlabel('Real');
ylabel('Imaginario');

```

```

vari=[];
save vari;
x=1;
save x;
x1=2;
save x1;

```

```

CallbackStr='estimador("GAN")';
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'BackgroundColor',[1 1 1], ...
    'Callback',CallbackStr, ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[274 109 67 22], ...
    'String',num2str(vari),'Userdata',vari,

```

```

...
    'Style','edit', ...
    'Tag','Edit1');
elseif strcmp(action,'GAN')
    v = get(gco,'Userdata');
    gan = get(gco,'String');
    clear ganancias;
    ganancias = eval(gan,num2str(v));
    save ganancias;
    ganancias;
    clear x1;
    x1=2;
    if ganancias(1,1)<0
ganancias(1,1)>1500
|
| ganancias(1,2)<0
|
| ganancias(1,2)>1500
|
ganancias(1,1)>ganancias(1,2)
        load vari;
        vari;

```

```

set(gco,'Userdata',vari,'String',num2str(
vari));

```

```

errordlg('Su variable a
sobrepasado el número máximo de
iteraciones','Error');

```

```

else
    load FTs;
    FTs;
    clear vari;
    vari=gan;
    save vari;
    if abs(ganancias(1,1)-
ganancias(1,2))<1500;

```

```

a=ganancias(1,1):1:ganancias(1,2);
    a;
    else

```

```

a=ganancias(1,1):100:ganancias(1,2)
;

```

```

    a;
    end
    clear x;
    x=2;
    save x;
    b=rlocus(FTs,a);
    b;
    plot(real(b),imag(b),'.');
    grid on;

```

```

set(gco,'Userdata',gan,'String',num2str(
gan));

```

```

    [g,pos]=rlocfind(FTs);
    g
    pos
    xlabel('Real');
    ylabel('Imaginario');
    end
elseif strcmp(action,'POLOS'),
    load estado;
    v = get(gco,'Userdata');
    s = get(gco,'String');
    vv = eval(s,mat2str(v));
    PKc=vv;
    save PKc;
    set(gco,'Userdata',vv,'String',s);
    load Ac;
    load Bc;
    load Cc;
    load estado;
    load FTc;
    load PKc;
    PLc=PKc;
    CLc=acker(Ac,Cc,PLc);
    save CLc;

```

```

load CKc;
A1=Ac-Bc*CKc;
FTve=ss(A1,Bc,Cc,Dc);
save FTve;
A2=Ac-CLc*Cc;
FTes=ss(A2,Bc,Cc,Dc);
save FTes;
clear control;
control=6;
save control;

elseif strcmp(action,'estima'),
h2 = figure('Color',[0.85 0.75 0.15], ...
    'MenuBar','none', ...
    'Name','ESTIMADOR', ...
    'NumberTitle','off', ...
    'PaperPosition',[18 180 576 432],
    ...
    'PaperUnits','points', ...
    'Position',[ 183 56 278 185 ], ...
    'Tag','Fig2', ...
    'ToolBar','none');
save h2;

h3 = uicontrol('Parent',h2, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[ 40.5 44.25 128.25
80.25], ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame1');
h3 = uicontrol('Parent',h2, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[ 72 53.25 24 46.5], ...
    'String','L = ', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');
h3 = uicontrol('Parent',h2, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'ForegroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[42.75 104.25 123.75
12], ...
    'String','La ganancia para este
caso es:', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText3');

load CLc;
format short
CLc;
h3 = uicontrol('Parent',h2, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[ 96 53.25 42 46.5], ...
    'String',num2str(CLc), ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText2');

callbackStr='estimador("cerrar")';
h3 = uicontrol('Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
    'Callback',callbackStr,...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[64.875 12 79.5 23.25],
    ...
    'String','CERRAR', ...
    'Style','Pushbutton',...
    'Tag','Pushbutton6');
elseif strcmp(action,'cerrar'),
load h2;
close (h2);
elseif strcmp(action,'llamada1')
variable =1;
save variable;
variable;
valork=0;
save valork
ESTADOE='X1=POSICIÓN ANGULAR
2';
save ESTADOE;
continuocondiciones;
elseif strcmp(action,'llamada2')
variable =2;
save variable;
variable;
valork=0;
save valork
ESTADOE='X2=VELOCIDAD ANGULAR
2';
save ESTADOE
continuocondiciones;
elseif strcmp(action,'llamada3')
variable =3;
save variable;
variable;
valork=0;

```

```
save valork
ESTADOE='X3=POSICIÓN ANGULAR
1';
save ESTADOE
continuocondiciones;
elseif strcmp(action,'llamada4')
variable =4;
save variable;
variable;
valork=0;
save valork
ESTADOE='X4=VELOCIDAD ANGULAR
1';
save ESTADOE
continuocondiciones;

control=6
save control
end
```



```

'Units','points', ...
'BackgroundColor',[1 1 1], ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'Position',[122 131 102 18], ...
'String','C = Capacitancia, en
microF', ...
'Style','text', ...
'Tag','StaticText3');
b = uicontrol('Parent',figuram2, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[1 1 1], ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'Position',[122 102 102 19], ...
'String','R = Resistencia, en
ohms', ...
'Style','text', ...
'Tag','StaticText4');
b = uicontrol('Parent',figuram2, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[1 1 1], ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'Position',[122 72 102 19], ...
'String','a = Parámetro del
circuito', ...
'Style','text', ...
'Tag','StaticText5');
b = uicontrol('Parent',figuram2, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[1 1 1], ...
'HorizontalAlignment','left', ...
'Position',[122 42 102 18], ...
'String','e = Parámetro del
circuito', ...
'Style','text', ...
'Tag','StaticText6');
callbackStr='filtromuesca2("unom2")';
capacitancia =
uicontrol('Parent',figuram2, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[1 1 1], ...
'Position',[82 132 29 19], ...
'callback',callbackStr,...
'String','39','Userdata',39,...
'HorizontalAlignment','left',...
'Style','edit', ...
'Tag','EditText1');

callbackStr='filtromuesca2("dosm2")';
resistencia1 =
uicontrol('Parent',figuram2, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[1 1 1], ...
'Position',[82 102 30 19], ...
'callback',callbackStr,...
'String','1000','Userdata',1000,...
'HorizontalAlignment','left',...
'Style','edit', ...
'Tag','EditText2');

callbackStr='filtromuesca2("tresm2")';
a = uicontrol('Parent',figuram2, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[1 1 1], ...
'Position',[82 72 30 19], ...
'callback',callbackStr,...
'String','692','Userdata',692,...
'HorizontalAlignment','left',...
'Style','edit', ...
'Tag','EditText3');

callbackStr='filtromuesca2("cuatrom2"
)';
e = uicontrol('Parent',figuram2, ...
'Units','points', ...
'BackgroundColor',[1 1 1], ...
'Position',[82 42 30 19], ...
'callback',callbackStr,...
'String','1','Userdata',1,...
'HorizontalAlignment','left',...
'Style','edit', ...
'Tag','EditText4');
b = uicontrol('Parent',figuram2, ...
'Units','points', ...
'Position',[288 182 153.75 24.75],
...
'String','RESPUESTA TEMPORAL',
...
'Callback','continuotemporal1',
...
'Tag','Pushbutton1');
b = uicontrol('Parent',figuram2, ...
'Units','points', ...
'Position',[288 147.25 153.75
24.75], ...
'String','LUGAR GEOMÉTRICO
DE LAS RAÍCES', ...
'Callback','continuoigr', ...
'Tag','Pushbutton2');
b = uicontrol('Parent',figuram2, ...
'Units','points', ...
'Position',[288 112.5 153.75
24.75], ...
'String','RESPUESTA DE
FRECUENCIA', ...
'Callback','continuoefrecuencia'
, ...
'Tag','Pushbutton3');

```

```

b = uicontrol('Parent',figuram2, ...
    'Units','points', ...
    'Callback','continuocontrolcas
cada', ...
    'Position',[338.25 66.75 55.5 24],
...
    'String','ATRÁS', ...
    'Tag','Pushbutton4');
b = uicontrol('Parent',figuram2, ...
    'Units','points', ...
    'Callback','salir', ...
    'Position',[339 35.25 55.5 24], ...
    'String','SALIR', ...
    'Tag','Pushbutton5');
ayudam2=[capacitancia resistencia1
a e];
set(figuram2, ...
    'Visible','on', ...
    'UserData',ayudam2);
return

elseif strcmp(action,'unom2'),
    ayudam2=get(gcf,'UserData');
    resistencia1=ayudam2{2};
    a=ayudam2{3};
    e=ayudam2{4};
    v = get(gcf,'UserData');
    s = get(gcf,'String');
    vv = eval(s,num2str(v));
    C0=vv;
    R10=get(resistencia1,'UserData');
    a0=get(a,'UserData');
    e0=get(e,'UserData');

set(gcf,'UserData',vv,'String',num2str(v
v));
save R10;
save a0;
save C0;
save e0;
load R10;
load a0;
load C0;
load e0;

C=C0*1e-6;
R1=R10;
a1=a0;
e1=e0;
R1;
a1;
C;
e1;
clear nfm20;

```

```

nfm20=[a1*R1*R1*C*C 0 1];
save nfm20;
nfm20;

clear dfm20;
dfm20=[R1*R1*C*C 2*e1*R1*C 1];
save dfm20;
dfm20;

load FTc;
FTc;

clear ncc;
clear dcc;
[ncc,dcc]=tfdata(FTc,'v');
save ncc;
save dcc;
ncc;
dcc;

clear nfm2;
clear dfm2;
nfm2=conv(nfm20,ncc);
dfm2=conv(dfm20,dcc);
save nfm2;
save dfm2;

clear CFM21;
CFM21=tf(nfm2,dfm2);
CFM2=minreal(CFM21);
save CFM2;
CFM2;

clear control;
control=3;
save control;

elseif strcmp(action,'dosm2'),
    ayudam2=get(gcf,'UserData');
    capacitancia=ayudam2{1};
    a=ayudam2{3};
    e=ayudam2{4};
    v = get(gcf,'UserData');
    s = get(gcf,'String');
    vv = eval(s,num2str(v));
    C0=get(capacitancia,'UserData');
    R10=vv;
    a0=get(a,'UserData');
    e0=get(e,'UserData');

set(gcf,'UserData',vv,'String',num2str(v
v));
save R10;
save a0;

```

```

save C0;
save e0;
load R10;
load a0;
load C0;
load e0;

C=C0*1e-6;
R1=R10;
a1=a0;
e1=e0;
R1;
a1;
C;
e1;
clear nfm20;
nfm20=[a1*R1*R1*C*C 0 1];
save nfm20;
nfm20;

clear dfm20;
dfm20=[R1*R1*C*C 2*e1*R1*C 1];
save dfm20;
dfm20;

load FTc;
FTc;

clear ncc;
clear dcc;
[ncc,dcc]=tfdata(FTc,'v');
save ncc;
save dcc;
ncc;
dcc;

clear nfm2;
clear dfm2;
nfm2=conv(nfm20,ncc);
dfm2=conv(dfm20,dcc);
save nfm2;
save dfm2;

clear CFM21;
CFM21=tf(nfm2,dfm2);
CFM2=minreal(CFM21);
save CFM2;
CFM2;

clear control;
control=3;
save control;

```

```
elseif strcmp(action,'tresm2'),
```

```

ayudam2=get(gcf,'Userdata');
capacitancia=ayudam2{1};
resistencia1=ayudam2{2};
e=ayudam2{4};
v = get(gcf,'Userdata');
s = get(gcf,'String');
vv = eval(s,num2str(v));
C0=get(capacitancia,'UserData');
R10=get(resistencia1,'UserData');
e0=get(e,'UserData');
a0=vv;

```

```
set(gcf,'Userdata',vv,'String',num2str(v));
```

```

save R10;
save a0;
save C0;
save e0;
load R10;
load a0;
load C0;
load e0;

```

```

C=C0*1e-6;
R1=R10;
a1=a0;
e1=e0;
R1;
a1;
C;
e1;
clear nfm20;
nfm20=[a1*R1*R1*C*C 0 1];
save nfm20;
nfm20;

```

```

clear dfm20;
dfm20=[R1*R1*C*C 2*e1*R1*C 1];
save dfm20;
dfm20;

```

```

load FTc;
FTc;

```

```

clear ncc;
clear dcc;
[ncc,dcc]=tfdata(FTc,'v');
save ncc;
save dcc;
ncc;
dcc;

```

```

clear nfm2;
clear dfm2;

```

```

nfm2=conv(nfm20,ncc);
dfm2=conv(dfm20,dcc);
save nfm2;
save dfm2;

clear CFM21;
CFM21=tf(nfm2,dfm2);
CFM2=minreal(CFM21);
save CFM2;
CFM2;

clear control;
control=3;
save control;

elseif strcmp(action,'cuatrom2'),
ayudam2=get(gcf,'Userdata');
capacitancia=ayudam2{1};
resistencia1=ayudam2{2};
a=ayudam2{3};
v = get(gcf,'Userdata');
s = get(gcf,'String');
vv = eval(s,num2str(v));
C0=get(capacitancia,'UserData');
R10=get(resistencia1,'UserData');
a0=get(a,'UserData');
e0=vv;

set(gcf,'Userdata',vv,'String',num2str(v
v));
save R10;
save a0;
save C0;
save e0;
load R10;
load a0;
load C0;
load e0;

C=C0*1e-6;
R1=R10;
a1=a0;
e1=e0;
R1;
a1;
C;
e1;
clear nfm20;
nfm20=[a1*R1*R1*C*C 0 1];
save nfm20;
nfm20;

clear dfm20;
dfm20=[R1*R1*C*C 2*e1*R1*C 1];

save dfm20;
dfm20;

load FTc;
FTc;

clear ncc;
clear dcc;
[ncc,dcc]=tfdata(FTc,'v');
save ncc;
save dcc;
ncc;
dcc;

clear nfm2;
clear dfm2;
nfm2=conv(nfm20,ncc);
dfm2=conv(dfm20,dcc);
save nfm2;
save dfm2;

clear CFM21;
CFM21=tf(nfm2,dfm2);
CFM2=minreal(CFM21);
save CFM2;
CFM2;

clear control;
control=3;
save control;
end

```

```

LUGAR GEOMETRICO SIMETRICO
function
[num,den]=lugargeometricosimetrico(
action,s);

if nargin<1,
    action='initialize';
end

if strcmp(action,'initialize'),
    close all;
    clc;
    ns=[20];
load lugargeometricosimetrico

h0 = figure('Units','points', ...
            'Color',[0.85 0.75 0.15], ...
            'Colormap',mat0, ...
            'FileName','C:\MATLABR11\wor
k\Paty\lugargeometricosimetrico.m',
...
            'MenuBar','none', ...
            'Name','ORIENTACIÓN DE UN
SATÉLITE', ...
            'NumberTitle','off', ...
            'PaperPosition',[18 180 576 432],
...
            'PaperUnits','points', ...
            'Position',[0 24 480 304.5], ...
            'Tag','Fig1', ...
            'ToolBar','none');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
            'Units','points', ...
            'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
            'ListboxTop',0, ...
            'Position',[288.75 39.75 171.75
204.75], ...
            'Style','frame', ...
            'Tag','Frame1');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
            'Units','points', ...
            'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
            'ListboxTop',0, ...
            'Position',[294.75 109.5 159.75
120], ...
            'Style','frame', ...
            'Tag','Frame2');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
            'Units','points', ...
            'BackgroundColor',[0.85 0.75
0.15], ...
            'FontWeight','normal', ...
            'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...

```

```

'ListboxTop',0, ...
'Position',[30 82.5 173.25 12.75],
...
'String','Variación de
ganancia,por ejemplo:[0.1 1499]', ...
'Style','text', ...
'Tag','StaticText1');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
            'Units','points', ...
            'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
            'ListboxTop',0, ...
            'Position',[299.625 190.5 150 30],
...
            'Callback','continuocondicione
s', ...
            'String','RESPUESTA TEMPORAL',
...
            'Tag','Pushbutton1');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
            'Units','points', ...
            'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
            'ListboxTop',0, ...
            'Position',[300 150 149.25 30], ...
            'Callback','continuoogr', ...
            'String','LUGAR GEOMETRICO
DE LAS RAICES', ...
            'Tag','Pushbutton2');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
            'Units','points', ...
            'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
            'ListboxTop',0, ...
            'Position',[300 114.75 149.25 30],
...
            'Callback','continuoafrecuencia'
, ...
            'String','RESPUESTA DE
FRECUENCIA', ...
            'Tag','Pushbutton3');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
            'Units','points', ...
            'BackgroundColor',[0.75294117
6470588 0.752941176470588
0.752941176470588], ...
            'Callback','controllugargeomet
ricol', ...
            'ListboxTop',0, ...
            'Position',[335.25 77.25 78.75
22.5], ...

```

```

        'String','ATRÁS', ...
        'Tag','Pushbutton4');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.75294117
6470588      0.752941176470588
0.752941176470588], ...
    'Callback','salir', ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[335.25  48.75  78.75
22.5], ...
    'String','SALIR', ...
    'Tag','Pushbutton5');
b = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85   0.75
0.15], ...
    'Position',[ 87 270 334.5 18.75],
...
    'FontSize',14, ...
    'FontWeight','bold', ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'String','Lugar geométrico de
las raíces simétrico', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');
grafico = axes('Units','normalized',...
    'Box','on', ...
    'Position',[0.090625
0.413793103448276      0.45
0.38423645320197 ], ...
    'Tag','Axes1', ...
    'XTick',[],...
    'YTick',[],'FontSize',8);
axes(grafico),ns;

h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85   0.75
0.15], ...
    'FontWeight','demi', ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[33 45 221 14], ...
    'String','Puede modificar los
polos de', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85   0.75
0.15], ...
    'FontWeight','demi', ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[8 24 63 14], ...
    'String','control:', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.85   0.75
0.15], ...
    'FontWeight','demi', ...
    'ForegroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[8 6 63 14], ...
    'String','estimador:', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');
CallbackStr='lugargeometricosimetric
o("uno");
polos1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[1 1 1], ...
    'Callback',CallbackStr, ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[74 7 183 15], ...
    'String','[(-1.65+.78i)(-1.65-.78i)(-
.68+1.89i)(-.68-1.89i)]', ...
    'Style','edit', ...
    'Tag','EditText3', ...
    'UserData',[(-1.65+.78i)(-1.65-.78i)(-
.68+1.89i)(-.68-1.89i)];
load valork
if valork==1
CallbackStr='lugargeometricosimetric
o("dos");
polos2 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[1 1 1], ...
    'Callback',CallbackStr, ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[74 26 183 15], ...
    'String','[(-.41+.32i)(-.41-.32i) (-
.13+1.03i) (-.13-1.03i)]', ...
    'Style','edit', ...
    'Tag','EditText4', ...
    'UserData',[(-.41+.32i)(-.41-.32i) (-
.13+1.03i) (-.13-1.03i)];
elseif valork==2
CallbackStr='lugargeometricosimetric
o("dos");
polos2 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[1 1 1], ...
    'Callback',CallbackStr, ...
    'ListboxTop',0, ...

```

```

        'Position',[74 26 183 15], ...
        'String','K ya se calculó con Iqr',
...
        'Style','edit', ...
        'Tag','EditText4');
end
callbackstr='lugargeometricosimetrico
("leycontrol")';
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.75294117
6470588    0.752941176470588
0.752941176470588], ...
    'Callback',callbackstr, ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[261 25 21 16], ...
    'String','K', ...
    'Tag','Pushbutton6');
callbackstr='lugargeometricosimetrico
("estima")';
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.75294117
6470588    0.752941176470588
0.752941176470588], ...
    'Callback',callbackstr, ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[261 4 21 16], ...
    'String','L', ...
    'Tag','Pushbutton7');
ayudas=[polos1 polos2];
set(h0,'Visible','on','UserData',ayudas);

load l1c;
load l2c;
load dc;
load kc;
ns1=[dc kc];
ns2=[-dc kc];
ns=conv(ns1,ns2);
ds1=[l1c*l2c (l1c+l2c)*dc (l1c+l2c)*kc
0 0];
ds2=[l1c*l2c -(l1c+l2c)*dc (l1c+l2c)*kc
0 0];
ds=conv(ds1,ds2);
FTs=tf(ns,ds);
save FTs;
rlocus(FTs);
grid on;

xlabel('Real');
ylabel('Imaginario');

vari=[];

```

```

save vari;
x=1;
save x;
x1=2;
save x1;
CallbackStr='lugargeometricosimetrico
("GAN")';
h1 = uicontrol('Parent',h0, ...
    'BackgroundColor',[1 1 1], ...
    'Callback',CallbackStr, ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[274 109 67 22], ...
    'String',num2str(vari),'UserData',vari,
...
    'Style','edit', ...
    'Tag','Edit1');
elseif strcmp(action,'GAN')
    v = get(gco,'UserData');
    gan = get(gco,'String');
    clear gananciac;
    gananciac = eval(gan,num2str(v));
    save gananciac;
    gananciac;
    clear x1;
    x1=2;
    if gananciac(1,1)<0 |
gananciac(1,1)>1500 |
| gananciac(1,2)<0 |
gananciac(1,2)>1500 |
gananciac(1,1)>gananciac(1,2)
        load vari;
        vari;

set(gco,'UserData',vari,'String',num2str(
vari));
errorDlg('Su variable a
sobrepasado el número máximo de
iteraciones','Error');
else
    load FTs;
    FTs;
    clear vari;
    vari=gan;
    save vari;
    if abs(gananciac(1,1)-
gananciac(1,2))<1500;

a=gananciac(1,1):1:gananciac(1,2);
    a;
    else

a=gananciac(1,1):100:gananciac(1,2)
;
    a;

```

```

end
clear x;
x=2;
save x;
b=rlocus(FTs,a);
b;
plot(real(b),imag(b),'.');
grid on;

set(gcf,'UserData',gan,'String',num2str(
gan));
[g,pos]=rlocfind(FTs);
g
pos
xlabel('Real');
ylabel('Imaginario');
end

elseif strcmp(action,'uno'),
load valork
if valork==1
ayudas=get(gcf,'UserData');
polos2=ayudas(2);
v = get(gcf,'UserData');
s = get(gcf,'String');
vv = eval(s,mat2str(v));
PLc=vv;
PKc=get(polos2,'UserData');
save PKc;
save PLc;
set(gcf,'UserData',vv,'String',s);
valork=1;
elseif valork==2
ayudas=get(gcf,'UserData');
polos2=ayudas(2);
v = get(gcf,'UserData');
s = get(gcf,'String');
vv = eval(s,mat2str(v));
PLc=vv;
PKc=0;
save PKc;
save PLc;
set(gcf,'UserData',vv,'String',s);
valork=2;
end
load valork
if valork==1
load Ac;
load Bc;
load PKc;
clear CKc;
CKc=acker(Ac,Bc,PKc);
save CKc;
elseif valork==2
load K;
clear CKc
CKc=K;
save CKc;
end
load Ac;
load Bc;
load Cc;
load Dc;
load PLc;
clear CLc;
CLc=acker(Ac',Cc',PLc);
save CLc;

load CKc;
load CLc;
clear FTreg0;
FTreg0=ss(Ac,Bc,Cc,Dc);
clear FTreg1;
FTreg1=reg(FTreg0,CKc,CLc);
clear FTref2
FTref2=FTreg1*FTreg0;

[A,B,C,D]=ssdata(FTref2);
[z,p,k] = sszp(A,B,C,D);

clear FTreglaf;
FTreglaf=FTref2/k;
save FTreglaf;
FTreglaf;
clear FTregve
FTregve=feedback(FTref2,-1);
save FTregve;

clear control;
control=7;
save control;
variable=0;
save variable;

elseif strcmp(action,'dos'),
load valork
if valork==1
ayudas=get(gcf,'UserData');
polos1=ayudas(1);
v = get(gcf,'UserData');
s = get(gcf,'String');
vv = eval(s,num2str(v));
PKc=vv;
PLc=get(polos1,'UserData');
save PKc;
save PLc;
set(gcf,'UserData',vv,'String',s);

```

```

elseif valork==2
    PKc=0;
    ayudas=get(gcf,'Userdata');
    polos1=ayudas(1);
    PLc=get(polos1,'UserData');
    save PKc;
    save PLc;
    end
    load Ac;
    load Bc;
    load Cc;
    load PKc
    load PLc
    load td1
    load valork
    if valork==1
        CKc=acker(Ac,Bc,PKc);
        save CKc;
        elseif valork==2
            load K;
            CKc=K;
            end
            CLc=acker(Ac',Cc',PLc);
            save CLc;

            load CKc;
            load CLc;

            FTreg0=ss(Ac,Bc,Cc,Dc);
            FTreg1=reg(FTreg0,CKc,CLc);

            FTref2=FTreg1*FTreg0;
            [A,B,C,D]=ssdata(FTref2)
            [z,p,k] = ss2zp(A,B,C,D)

            clear FTreglaf
            FTreglaf=FTref2/k;
            save FTreglaf;
            FTreglaf;

            clear FTregve
            FTregve=feedback(FTref2,-1);
            save FTregve;

            clear control;
            control=7;
            save control;
            variable=0;
            save variable;

elseif strcmp(action,'leycontrol'),
h2 = figure('Color',[0.85 0.75 0.15], ...
            'MenuBar','none', ...
            'Name','LEY DE CONTROL', ...
            'NumberTitle','off', ...
            'PaperPosition',[18 180 576 432],
            ...
            'PaperUnits','points', ...
            'Position',[183 56 278 185], ...
            'Tag','Fig2', ...
            'ToolBar','none');
save h2;

h3 = uicontrol('Parent',h2, ...
            'Units','points', ...
            'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
            'ListboxTop',0, ...
            'Position',[6 45 194.25 80.25], ...
            'Style','frame', ...
            'Tag','Frame1');
h3 = uicontrol('Parent',h2, ...
            'Units','points', ...
            'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
            'ListboxTop',0, ...
            'Position',[ 9.75 66 24 15], ...
            'String','K = ', ...
            'Style','text', ...
            'Tag','StaticText1');
h3 = uicontrol('Parent',h2, ...
            'Units','points', ...
            'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
            'ForegroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
            'ListboxTop',0, ...
            'Position',[32.25 90 141.75 16.5],
            ...
            'String','La ley de control para
este caso es:', ...
            'Style','text', ...
            'Tag','StaticText3');
format short
load valork
if valork==1
load CKc;
CKc;
end
h3 = uicontrol('Parent',h2, ...
            'Units','points', ...
            'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
            'ListboxTop',0, ...
            'Position',[ 31.5 66 165 15], ...

```

```

        'String',num2str(CKc), ...
        'Style','text', ...
    'Tag','StaticText2');

callbackStr='lugargeometricosimetrico
('cerrar');
h3 = uicontrol('Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.75294117
6470588      0.752941176470588
0.752941176470588], ...
    'Callback',callbackStr,...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[63.375 12 79.5 23.25],
...
    'String','CERRAR', ...
    'Style','Pushbutton',...
    'Tag','Pushbutton6');
elseif strcmp(action,'estima'),
h2 = figure('Color',[0.85 0.75 0.15], ...
    'MenuBar','none', ...
    'Name','ESTIMADOR', ...
    'NumberTitle','off', ...
    'PaperPosition',[18 180 576 432],
...
    'PaperUnits','points', ...
    'Position',[ 183 56 278 185 ], ...
    'Tag','Fig2', ...
    'ToolBar','none');
save h2;

h3 = uicontrol('Parent',h2, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[ 40.5 44.25 128.25
80.25], ...
    'Style','frame', ...
    'Tag','Frame1');
h3 = uicontrol('Parent',h2, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[ 72 53.25 24 46.5], ...
    'String','L = ', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText1');
h3 = uicontrol('Parent',h2, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.6 0.5 0], ...
    'ForegroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[42.75 104.25 123.75
12], ...
    'String','La ganancia para este
caso es:', ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText3');

load CLc;
format short
CLc;
h3 = uicontrol('Parent',h2, ...
    'Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.98 0.88
0.53], ...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[ 96 53.25 42 46.5], ...
    'String',num2str(CLc), ...
    'Style','text', ...
    'Tag','StaticText2');

callbackStr='lugargeometricosimetrico
('cerrar');
h3 = uicontrol('Units','points', ...
    'BackgroundColor',[0.75294117
6470588      0.752941176470588
0.752941176470588], ...
    'Callback',callbackStr,...
    'ListboxTop',0, ...
    'Position',[64.875 12 79.5 23.25],
...
    'String','CERRAR', ...
    'Style','Pushbutton',...
    'Tag','Pushbutton6');
elseif strcmp(action,'cerrar'),
    load h2;
    close (h2);
end

```

NOTA

SE PRESENTAN ALGUNOS EJEMPLOS DE LOS PROGRAMAS IMPLEMENTADOS EN MATLAB, PARA MAYOR INFORMACION REMITIRSE A LOS DISQUETES