GUIA DE PREPARACIÓN PARA EL EXAMEN COMPLEXIVO

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DEPARTAMENTO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

ELECTRÓNICO INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y CONTROL



ENERO 2015

COMISIÓN DE EXAMEN COMPLEXIVO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y CONTROL



INDICE

- 1. Introducción
- 2. Indicaciones Generales
 - i. Cronograma
 - ii. Requisitos
- 3. Evaluación y Aprobación
 - i. Temáticas a Evaluar
 - ii. Preguntas tipo examen
- 4. Bibliografía
- 5. Contactos



1. Introducción

Con fecha 09 de Abril del 2014, el Consejo de Educación Superior aprobó reformas al Reglamento de Régimen Académico, de entre las cuales está la Disposición Transitoria Quinta, acápite e) "Los estudiantes que hayan finalizado sus estudios antes del 21 de noviembre de 2008, deberán aprobar un examen complexivo o de grado articulado al perfil de una carrera o programa vigente o no vigente habilitada para registro de títulos. En caso que la carrera o programa ya no sea ofertada por la IES. El estudiante podrá homologar estudios en una carrera o programa vigente, de conformidad con lo establecido en el presente Reglamento, antes de la realización del correspondiente examen de grado. A partir del 21 de mayo de 2015 estos estudiantes deberán acogerse a la disposición general cuarta del presente Reglamento"

"CUARTA.- Cuando el estudiante no concluya el trabajo de titulación dentro del plazo establecido en el segundo inciso, de la disposición general tercera, y hayan transcurrido entre 18 meses y 10 años, contados a partir del período académico de culminación de estudios, deberá matricularse en la respectiva carrera o programa; además, deberá tomar los cursos, asignaturas o equivalentes para la actualización de conocimientos, pagando el valor establecido en el Reglamento de Aranceles para las IES particulares y la Normativa para el pago de colegiatura, tasas y aranceles en caso de pérdida de gratuidad de las IES públicas. Adicionalmente, deberá rendir y aprobar una evaluación de conocimientos actualizados para las asignaturas, cursos o sus equivalentes que la IES considere necesarias, así como culminar y aprobar el trabajo de titulación o aprobar el correspondiente examen de grado de carácter complexivo, el que deberá ser distinto al examen de actualización de conocimientos. En caso de que un estudiante no concluya y apruebe el trabajo de titulación luego de transcurridos más de 10 años, contados a partir del período académico de culminación de estudios, no podrá titularse en la carrera o programa en la misma IES,



pudiendo hacerlo en otra institución de educación superior previo el proceso de homologación correspondiente".

Con el propósito de cumplir la disposición Quinta, acápite e), la carrera de Ingeniería en Electrónica y Control, de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, de la Escuela Politécnica Nacional, ha implementado y puesto en ejecución el respectivo proceso para que los estudiantes de la carrera que egresaron antes del 21 de noviembre de 2008 y no hayan obtenido el título de tercer nivel, puedan rendir un examen complexivo para obtener el título, para lo cual se ha elaborado esta guía de preparación, la cual contiene una descripción de lo que se evaluará en el examen, sus componentes, estructura y ejemplos.



2. Indicaciones Generales

¿Quiénes deben rendir este examen? los estudiantes que hayan finalizado sus estudios antes del 21 de noviembre de 2008 (sin considerar cursos de actualización), es decir que culminaron con todos los créditos correspondientes a las asignaturas y no tienen plan de proyecto de titulación vigente. La estructura general del examen complexivo de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Control, es evaluar el perfil profesional que debe tener las y los ingenieros acorde al objetivo de la carrera: "formar profesionales creativos con cualidades críticas, capaces de planificar, diseñar, construir, instalar y mantener la electrónica de potencia, la instrumentación y los sistemas automáticos de control aplicados en la industria, electro - medicina, el comercio y otros servicios; buscando la optimización de los recursos, el mejoramiento continuo de los procesos y la conservación ecológica".

Para dar cumplimiento con la normativa del CES la facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica ha desarrollado el siguiente cronograma:

i. Cronograma

ACTIVIDAD	FECHA
Preinscripción:	23 de junio al 04 de julio 2014
Inscripción:	07 de julio al 01 de agosto 2014
Recepción de documentos:	07 de julio al 30 de agosto 2014
Rendición del 1er. Examen:	30 de octubre 2014
Entrega de notas del 1er. Examen:	21 de noviembre 2014
Entrega de solicitud de Recalificación hasta:	28 de noviembre 2014
Resultado de Recalificación 1er. Examen	03 de diciembre 2014
Rendición del 2do. Examen	23 de abril 2015
Entrega de notas del 2do. Examen:	30 de abril 2015
Entrega de solicitud de Recalificación hasta:	07 de mayo 2015
Resultado final del 2do. Examen	12 de mayo 2015



ii. Requisitos

A continuación se describen los requisitos necesarios para poder rendir el examen:

- Hoja de datos personales del graduado (formulario de inscripción http://www.fieepn.net/preinscripcion.htm)
- Fotocopia de la cédula de ciudadanía
- Fotocopia de la última papeleta de votación otorgada por el organismo competente.
- Copia certificada del título de bachiller o título de profesional o de su registro en el SENESCYT, según sea el caso, o Acta de Grado debidamente refrendada.
- Certificado de matrículas, hasta el momento de la solicitud (SAEW).
- Certificado de aprobación de créditos y materias (currículo académico SAEW).
- Certificado de suficiencia de inglés, excepto para los casos de los programas de posgrado y los de grado en las que el inglés constaba como asignatura.
- Certificado avalado por el decano de haber realizado y cumplido con las horas de pasantías o Prácticas Pre profesionales en el campo de su especialidad (Formulario solicitado en subdecanato y proveído de decanato).

Los requisitos y normativa también se encuentran disponibles en la dirección electrónica http://www.fie-epn.net/ y en la secretaria de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Control.

3. Evaluación y Aprobación

Las preguntas serán de selección múltiple con una sola opción válida. El examen contemplará una duración de 4 horas y deberá ser aprobado con una nota mínima de 14,00 puntos sobre 20,00.

En caso de que el estudiante no esté de acuerdo con la nota obtenida podrá solicitar la recalificación del examen en un plazo máximo de 5 días laborables, contados a partir del conocimiento de la nota, mediante una solicitud dirigida al decano de la Facultad.

En caso de que un estudiante no apruebe el primer examen complexivo, podrá rendir un segundo examen por una sola vez, en las fechas definidas en el cronograma.



i. Temáticas a evaluar

Todas las temáticas a evaluar tendrán la misma ponderación, y son las siguientes:

TEMÁTICA	TÓPICOS
INSTRUMENTACIÓN	 Definiciones en instrumentación. Acondicionamiento de Señales. Medidas, medidores y sensores de temperatura, presión, nivel, flujo, velocidad de viento, humedad y presencia. Elementos finales de control. Seguridad en equipos. Diagrama de instrumentos y tuberías (P&IDs).
SISTEMAS DE CONTROL	 Análisis de la respuesta en tiempo continuo y discreto. Estabilidad y lugar geométrico de las raíces en tiempo continuo y discreto. Controladores PIDs para sistemas en tiempo continuo y discreto. Transformada Z. Teorema de muestreo. Equivalentes discretos. Diseño de compensadores por método de Ragazzini.
CONTROL ELECTRÓNICO DE POTENCIA	 Dispositivos semiconductores de Potencia. Conversores AC-AC monofásicos. Conversores AC-DC monofásicos, trifásicos de 3 y 6 pulsos, análisis de ondas. Protección de semiconductores de potencia contra sobretemperatura, sobrecorriente, sobrevoltaje. Redes supresoras (Snubber). Modelo real del conversores AC/DC y su operación, retardo en la conmutación. Conversores AC/DC de 12 y 24 pulsos, conversores duales y ciclo conversores, topologías y análisis. Conversores AC/DC de 12 y 24 pulsos duales monofásicos y trifásicos. Conversores DC/DC. Estudio y análisis de las topologías básicas (reductor, elevador, elevador/reductor). Componentes magnéticos usados en conversores DC/DC. Conversores DC/DC aislados (Forward y Flyback). Conversores DC/AC. Estudio y análisis de las topologías básicas (toma central en la fuente, push-pull, puente). Técnicas de control y reducción de armónicos en



FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y CONTROL

CONTROL

- Diagramas y simbología.
- · Aparatos de maniobra: Switchs, relés y temporizadores.
- Contactores.
- Diseño de circuitos de control. Mandos básicos: RS, SR, Marcha – Paro.
- Arranque de motores trifásicos de inducción: Y-Delta, por resistencia estatórica, por resistencia rotórica y por autotransformador.
- PLCs y programación: FBD, SFC y Ladder.
- Protección de motores.

REDES INDUSTRIALES Y SISTEMAS SCADA

- Principios de los transmisores análogos.
- Comunicación inalámbrica: AM, FM, antenas, enlaces de radio.
- Comunicación digital: EIA/TIA 232, 485.
- Definición de los sistemas SCADA, DCS, Multiplexores.
- Sistemas de comunicación para sistemas SCADA: Dial-up, Líneas rentadas, ISDN, ADSL, BBPL, TVCable.
- · Redes de comunicación digital: El modelo OSI.
- · Redes digitales industriales.
- Ethernet, Ethernet Industrial: Principios y aplicaciones.
- Redes de procesos.

ii. Preguntas tipo examen

El examen contiene preguntas de selección múltiple con única respuesta. Cada pregunta consta de un enunciado y cuatro opciones (A, B, C, D). Sólo una de estas opciones responde correctamente la pregunta. El estudiante debe seleccionar la respuesta correcta y marcarla en su **hoja de respuestas** rellenando el óvalo correspondiente a la letra que identifica la opción elegida.

A continuación se desglosan algunas preguntas tipo examen.

Pregunta 1: La expresión booleana que corresponde a la salida Q3 es:



FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y CONTROL

- A. $Q3 = (P1,Q3) \overline{P2}$
- B. $Q3 = (P1,Q3) + \overline{P2}$
- C. $Q3 = (P1 + Q3) \overline{P2}$
- D. Q3 = (P1 + P2) Q3

Respuesta: C

Justificación: Las entradas de la compuerta OR se suman y este resultado junto con P2 negado son las entradas de la compuerta AND cuya salida es el producto de sus entradas.

Pregunta 2: La placa de un contactor trifásico tiene los siguientes datos: 10Hp, 220 V, AC3. Se desea comandar un motor monofásico de 220 voltios con el mismo contactor. Para que éste funcione correctamente, la potencia del motor deberá ser:

- A. Mayor
- B. Menor
- C. Igual
- D. Depende de la frecuencia

Respuesta: B

Justificación: Porque un motor monofásico de igual voltaje nominal que un trifásico consume mayor corriente a igual potencia, por lo que para mantener la corriente nominal del contactor la potencia del motor monofásico debe ser menor.

Pregunta 3: En un motor trifásico de inducción comandado por un switch manual de cuchillas. ¿Tiene sentido utilizar un relé térmico para protección?

- A. No tiene sentido
- B. Si tiene sentido
- C. El switch manual ya incorpora las protecciones
- D. Depende de la potencia del motor

Respuesta: A

Justificación: Porque los contactos del relé térmico no actúan sobre el circuito de fuerza, sino en el circuito de control automático por lo que no tienen sentido utilizarlos en un mando manual.

Pregunta 4: Seleccione el instrumento que mide humedad.

- A. Célula de Cloruro de Litio
- B. Pirani
- C. Acelerómetro
- D. Paleta Rotativa

Respuesta: A.

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y CONTROL

Justificación: La Célula de Cloruro de Litio mide humedad, el Pirani mide presión de vacío, el Acelerómetro mide la aceleración de las vibraciones y el de Paleta Rotativa detecta nivel de sólidos.

Pregunta 5: Se tiene un amplificador operacional en configuración de comparador. El voltaje de polarización es ±10 [V], en la entrada inversora se aplica un voltaje de 9 [V] y en la no inversora un voltaje de 12 [V]. ¿Cuál es valor de la Salida?

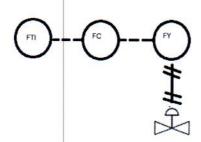
- A. -10 [V]
- B. +10 [V]
- C. +9 [V]
- D. +12[V]

Respuesta: B

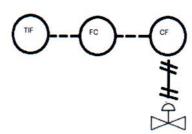
Justificación: En la configuración de comparador un amplificador operacional compara el valor de las dos entradas. Si el voltaje de la entrada no inversora es mayor que el de la inversora la salida será el voltaje positivo de polarización y viceversa.

Pregunta 6: Usando la norma ISA 5.1 y 5.3 elija el gráfico que represente un trasmisor indicador de flujo de tipo eléctrico ubicado en campo, el cual envía la señal a un controlador de flujo de tipo eléctrico quien controla a una válvula neumática mediante un I/P.

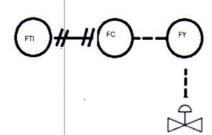
A.



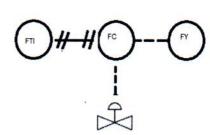
B.



C.



D.





FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y CONTROL

Respuesta: A

Justificación: La opción **B** es incorrecta, TIF no es un trasmisor indicador de flujo y CF no es un I/P. La opción **C** es incorrecta, el trasmisor indicador de flujo (FTI) tiene salida eléctrica y no neumática, y la válvula a ser controlada es neumáticamente. La opción **D** es incorrecta, la válvula neumática esta comandada por una señal eléctrica. La opción **A**: la secuencia es correcta y los elementos tienen sus entradas y salidas adecuadas.

Pregunta 7: Considerando que para cada capa del modelo OSI se han definido ciertas funciones específicas. ¿Con qué capas del modelo OSI no trabajan las redes digitales industriales?

- A. La capa de aplicación
- B. La capa de transporte
- C. La capa de enlace de datos
- D. La capa física

Respuesta: B

Justificación: Porque los datos industriales no se generan en grandes cantidades, comparado con los que generan las redes administrativas; por lo mismo, no se requiere segmentar los datos.

Pregunta 8: Jerárquicamente una red debe preferentemente dividirse en capa de acceso, capa de distribución y capa core. Los buses I/O industriales pertenecen a la capa de:

- A. Acceso
- B. Distribución
- C. Core
- D. Pueden estar en cualquier capa.

Respuesta: A

Justificación: La capa de acceso es la que permite la conexión de los dispositivos que pertenecen a una red.

Pregunta 9: Los transmisores de corriente preferentemente trabajan dentro de un rango dinámico de:

- A. 0 a 20 [mAac]
- B. 4 a 20 [mAac]
- C. 0 a 20 [mAdc]
- D. 4 a 20 [mAdc]

Respuesta: D

Justificación: Los transmisores de corriente industriales trabajan preferentemente con corriente continua dentro de los límites de 4 a 20 [mAdc].

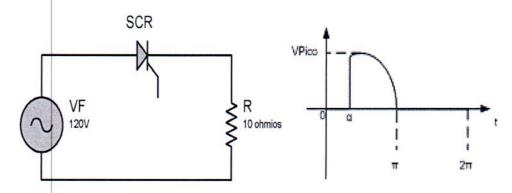
Pregunta 10: Un transistor bipolar de juntura es un dispositivo de 3 capas, y puede trabajar en corte y saturación. ¿De qué manera se lo puede controlar?

- A. Por medio de un voltaje senoidal en la base del transistor referido al colector.
- B. Por medio de un voltaje en la base referido al emisor.
- C. Por medio de una corriente en la base referido al colector.
- D. Por medio de una corriente en la base referido al emisor.

Respuesta: D

Justificación: Si bien se aplica un voltaje a la base referido al emisor del transistor bipolar el control se lo realiza por medio de la corriente.

Pregunta 11: En el circuito de la figura el ángulo de disparo alfa " α " que permite obtener un Voltaje Medio (Vdc) sobre la carga de 40.51 [V] es:



- A. Alfa "α"= 60°
- B. Alfa 'α"= 90°
- C. Alfa 'α"= 120°
- D. Alfa 'α"= 180°

Respuesta: A

Justificación: Para determinar el ángulo alfa " α ", es necesario recurrir a la expresión que permite calcular el voltaje medio (Vdc).

$$Vdc = \frac{1}{T} \int_0^T V(t)dt$$

Para este caso T = 2π , $V(t) = \sqrt{2} * 120 * \sin wt$, Vdc=40.51 V:

$$Vdc = 40.51 = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{2} * 120 * \sin(wt) d(wt)$$



FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y CONTROL

$$40.51 = \frac{\sqrt{2} * 120}{2\pi} (-\cos w t_{\alpha}^{\pi})$$

$$40.51 = \frac{\sqrt{2} * 120}{2\pi} (1 + \cos \alpha)$$

$$\alpha = 60^{\circ}$$

Pregunta 12: Un convertidor DC/DC aislado indirecto (flyback) con fuente de alimentación de E=13.8 [VDC] trabaja con una relación de trabajo D= 0.7. El número de espiras en el primario N1 = 100 espiras; en el secundario N2 = 50 espiras. La carga es una resistencia de R=100 $[\Omega]$. ¿Cuál es el valor de la corriente media en la fuente E?

- A. Idc = 350 [mA]
- B. Idc = 214 [mA]
- C. Idc = 187 [mA]
- D. Idc = 150 [mA]

Respuesta: C

Justificación: Se cumple que la Potencia de Entrada es igual a la Potencia de Salida entonces:

$$Pin = Pout$$

$$E * Idc = Vo * Iout$$

Además se conoce la expresión para el Voltaje en la salida:

$$Vo = E\left(\frac{N2}{N1}\right)\left(\frac{D}{1-D}\right)$$

$$Vo = 16.1$$

$$lout = \frac{Vo}{R}$$

$$Iout = 16.1 \, mA$$

$$Idc = \frac{Vo*Iout}{E}$$

$$=> Idc = 187 [mA]$$



Pregunta 13: La ecuación deferencial representa a un sistema de lazo abierto $\frac{dy}{dt} + y(t) = r(t)$, la realimentación de este es unitaria. ¿Cuáles son los valores característicos de la respuesta transitoria y en estado estable del sistema?

A. Mp=10%; ts=10 [s]; Ep=10%

B. Mp=0%; ts=2 [s]; Ep=50%

C. Mp=10%; ts=10 [s]; Ep=10%

D. Mp=0%; ts=10 [s]; Ep=0%

Respuesta: B

Justificación: Para realizar el análisis de la respuesta en el tiempo se requiere la función de trasferencia, al aplicar la trasformada de Laplace con condiciones iniciales nulas de se tiene:

$$sY(s) + Y(s) = U(s)$$

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = G(s) = \frac{1}{s+1}$$

Se obtiene la función de trasferencia de un sistema de primer orden por lo tanto Mp por definición es cero (Mp=0%) y se sabe también que presenta un Error de Posición (Ep) diferente de Cero, por lo que la opción **D** queda descartada.

Por lo que es necesario calcular el valor de Ep:

$$Ep = \frac{1}{1 + kp}; \quad kp = \lim_{s \to 0} G(s)$$

$$kp = \lim_{s \to 0} \frac{1}{s+1} = 1$$

$$Ep = \frac{1}{1+1} = 0.5 = 50\%$$

Como el Error de posición que presenta el sistema es Ep=50%, la opción correcta es la B.



FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y CONTROL

Pregunta 14: Dado el sistema $G(s) = \frac{2}{S+1}$, con realimentación unitaria. Se requiere diseñar un controlador de la familia PID (Gc(s)) tal que el Error de Posición sea menor al 5%

A.
$$Gc(s) = \frac{s+1}{s+2}$$

B.
$$Gc(s) = 3\frac{s+1}{s}$$

C.
$$Gc(s) = 0.5(s+2)$$

A.
$$Gc(s) = \frac{s+1}{s+2}$$

B. $Gc(s) = 3\frac{s+1}{s}$
C. $Gc(s) = 0.5(s+2)$
D. $Gc(s) = \frac{3}{s(s+1)}$

Respuesta: B

Resolución de la Pregunta:

De las opciones listadas, se puede eliminar la opción A y D, ya que no representan a ningún miembro de la familia de controladores tipo PID. Por lo tanto las posibilidades quedan la B que es un PI o la opción C que es un PD. El PI es la opción más adecuada ya que reduce el Error de Posición a Cero, lo cual cumple con la condición de Diseño pero es necesario descartar la opción C, para ello se calcula el Error de Posición que tendría el Sistema Compensado:

$$Ep = \frac{1}{1 + kp}; \quad kp = \lim_{s \to 0} G(s)Gc(s)$$

$$kp = \lim_{s \to 0} \frac{2}{s + 1} (0.5(s + 2)) = 2$$

$$Ep = \frac{1}{2 + 1} = 0.33 = 33\%$$

El error de posición es superior al pedido como condición de diseño por tanto la opción C no es correcta.

Pregunta 15: Un compensador diseñado por el Método de Ragazzini sirve para:

- Corregir sólo error de posición
- B. Corregir error de posición y velocidad
- C. Corregir error de posición, velocidad y estado transitorio
- D. Corregir sólo estado transitorio

Respuesta: C

Resolución de la Pregunta: El Diseño de controladores usando el Método de Ragazzini, asegura que el Error de Posición del sistema compensado sea cero, el Error de Velocidad tenga un valor finito y mejora el estado transitorio al permitir la modificación de los polos de lazo cerrado del sistema compensado.



FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y CONTROL

4. Bibliografía:

Las referencias bibliográficas recomendadas son las siguientes:

Instrumentación	Bibliografía Básica:
<u>mstrumentacion</u>	Folleto de Instrumentación electrónica*.
	Folleto de Instrumentación Industrial*.
	Bibliografía complementaria: A. Creus. "Instrumentación Industrial", Octava Edición, Marcombo S.A., España, 2010.
Sistemas de	Bibliografía Básica:
Control	J. Dorsey, "Sistemas De Control Continuos y Discretos", McGraw-Hill Interamericana, 2005.
	Bibliografía complementaria: K. Ogata, "Ingeniería de Control Moderna", tercera edición o quinta edición. B. Kuo, "Sistemas De Control Digital (1ra edición)" Prentice-Hall, USA, 1999.
Control	Bibliografía Básica:
Electrónico de Potencia	 M. Rashid, "Electrónica de Potencia," tercera edición, México, 2004. N. Mohan, T. Undeland, W. Robbins, "Electrónica de Potencia. Convertidores, Aplicaciones y Diseño", Tercera edición, McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. de C.V., marzo 2009.
	Bibliografía Básica:
Control	Folleto de Control Industrial, Ing. Angulo*.
Industrial	Folleto de Control Industrial, Ing. Molina*. Oit l'annu f'a constant de la control de la contr
	 <u>Bibliografia complementaria:</u> https://infonet.siemens.es/Apli_Industry/formacion/PLCBasico/test/menu. html?mode=standalone
Redes	Bibliografía Básica:
Industriales Y Sistemas SCADA	Folleto de Interfaces de comunicación Industrial*, Dr. Corrales.

^{*} El folleto está disponible en la copiadora de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, ubicada en subsuelo del edificio Eléctrica.

Adicionalmente la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Control de la Escuela Politécnica Nacional contiene varios archivos digitales disponibles en:

ciecfie.epn.edu.ec/wss/VirtualDirectories/80/Enlaces/materias.htm



5. Contactos

Mayor información: PBX 2976300

- Carrera de Ingeniería en Electrónica y Control. Ext: 2209.
- Subdecanato de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Ext: 2203.
- Decanato de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Ext: 2201.