

Nuevos requerimientos para la formación de los ingenieros frente al cambio climático

New requirements for training engineers in the context of climate change

Juan-Ignacio Canelo-Pérez^{1,3}, Susana Lagüela^{1,2}, Pedro Mas⁴ y Arturo Farfán-Martín¹

¹ Universidad de Salamanca (España)

² Universidad de Vigo (España)

³ G.A. Ingenieros S.L. (España)

⁴ Universidad Católica de Avila (España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/9126>

Universidades de toda Europa promueven experiencias investigadoras para facilitar la adecuación de la formación de los ingenieros hacia el desarrollo de calificaciones y competencias profesionales requeridas en todos los ámbitos del saber

en los que interviene la ingeniería, en adecuada respuesta a las nuevas necesidades y demandas de las industrias y de la sociedad, determinadas entre otras razones, por los efectos del cambio climático.

Algunas universidades ya han introducido nuevos flujos de ingeniería especializados en distintas ramas de las energías renovables y el cambio climático, como vía imprescindible para reducir la brecha existente entre la educación y las industrias, así como la difusión de la eficiencia energética y las tecnologías de energía renovable.

Este trabajo constituye una vía de reflexión en investigación curricular, sin en-

trar de lleno en la propuesta de contenidos. Se trata de explorar ámbitos externos a la universidad con el objeto de localizar aspectos que deben tenerse en cuenta en la formación de los ingenieros.

1. METODOLOGÍA

Dada la magnitud del conocimiento acumulado sobre el cambio climático, hemos realizado una reducción necesaria para manejar el texto mediante análisis de contenido. El análisis de contenido es una técnica de investigación que tiene por objeto indagar sobre aspectos latentes en el mensaje. Berelson [1] lo definía como una técnica de investigación objetiva, sistemática y cuantitativa en el estudio del contenido manifiesto de la comunicación.

El análisis se ha realizado sobre el texto de los informes de las veinticuatro declaraciones de las COP (Conferencia de las Partes de la Convención de Naciones Unidas para el Cambio Climático –CMNUCC) desde la COP1 celebrada en Berlín en 1995, hasta la COP24 celebrada en Katowice en 2018, por considerar que ofrecen una visión completa del tema objeto de estudio y a su vez, influyen en la sociedad, en la política y en la cultura mundial, creando nuevos conocimientos y sensibilidades hacia el medio ambiente. Dichos textos han sido tratados mediante la herramienta QSR NVIVO11 (QRS International Pty Ltd.), que es un software para investigación cualitativa y mixta, que permite organizar y analizar textos ayudando a descubrir las conexiones entre los datos y extrayendo conclusiones significativas o facilitando la decisión sobre hipótesis de investigación. El software opera a partir de una selección de palabras clave o descriptores realizada por los investigadores, originando automáticamente grupos o nodos, que a su vez forman matrices que muestran cómo los contenidos de los diferentes nodos se relacionan entre sí mediante el cruce de información. A partir de esta información se forman los factores que son relaciones específicas o selecciones de referencia sobre un tema, lo que nos ha permitido caracterizar el cambio climático poniendo de manifiesto sus múltiples variables e interacciones entre ellas, sus causas y consecuencias y las posibles implicaciones para diferentes especialidades de la ingeniería. Los factores reúnen ideas homogéneas en torno a temas concretos (causas, consecuencias, economía, seguridad, etc.). Del contenido de estos temas se

Frecuencia de descriptores acumulada en cada factor				
Factores	COP1 Berlín a COP23 Bonn	Porcentajes COP1 a COP23	COP24 Katowice	Porcentajes COP24
Factor: Determinante. ¿Qué está ocurriendo?	8.109	24,41	327	22
Factor: Causal. ¿Por qué?, ¿Cuáles son las causas?	5.675	17,08	129	8,68
Factor: Personal. ¿Quién?	1.130	3,40	25	1,68
Factor: Espacial. ¿Dónde?	3.775	11,36	243	16,35
Factor: Temporal. ¿Cuándo?	1.829	5,50	45	3
Factor: Previsión. ¿Qué se sabe? ¿Qué se necesita saber?	4.120	12,40	134	9
Factor: Prevención. ¿Qué se está haciendo?, ¿Qué hay que hacer?	4.316	12,99	153	10,3
Factor: Protección. ¿Qué se espera?, ¿Qué se desea?	1.825	5,49	126	8,5
Factor: Financiación. Los costes del cambio climático	2.440	6,74	304	20,46

Tabla 1: Frecuencia acumulada en cada factor. (Se ha eliminado el tercer decimal)

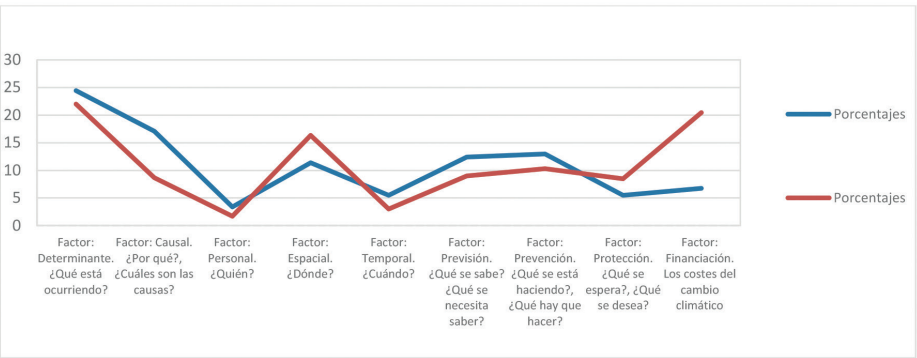


Gráfico 1: Comparación de las frecuencias de descriptores acumulada, entre la COP1 a 23 y la COP24

infiere la presencia que deben tener en el currículo de las ingenierías.

Además han sido examinados los cinco Informes de Evaluación del *Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, realizados entre 1990 y 2014, así como algunos estudios científicos que tratan sobre aspectos locales, residenciales, hábitos de vida, transporte, etc. y sus impactos e influencias en el cambio climático; entre ellos los de Tortora *et al.* [2], Baiocchi *et al.* [3], Milne *et al.* [4], otros estudios sobre aspectos educativos y cambio climático tratados por Rojas *et al.* [5], Cutter-Mackenzie & Rousell [6] y Cascolan *et al.* [7]; sobre energías renovables, recursos hídricos y gestión ambiental e ingeniería, tratados por Bormann *et al.* [8], Jaber *et al.* [9]; desarrollo profesional y gestión del conocimiento de Liao *et al.* [10].

2. RESULTADOS

2.1. FRECUENCIAS DE DESCRIPTORES ACUMULADAS

Los datos representan las frecuencias acumuladas de los descriptores, facilitando su análisis y organización en nueve factores. En la Tabla 1 se presenta la comparación de resultados globales entre las cumbres celebradas desde 1995 COP1 hasta 2017 COP23, con la última cumbre de 2018 COP24, celebrada en Katowice (Polonia) y utilizada como contraste de la evolución de la temática desarrollada en dichos eventos. Como puede apreciarse en gráfico 1, hay un evidente paralelismo entre las cumbres de 1995 a 2017 y la cumbre del 2018, indicando la existencia de tendencias mantenidas a través de los años.

Las agrupaciones nodales del texto a partir de los descriptores forman el factor determinante, integrado por un conjunto argumental que trata de explicar el cambio climático respondiendo a las preguntas: ¿Qué es el cambio climático?, ¿Qué está ocurriendo?, Veamos como ejemplo la siguiente tabla (número 2) que incluye las frecuencias de los descriptores que caracterizan a este factor, omitiendo las demás tablas de frecuencias para evitar una excesiva extensión del artículo.

En los siguientes apartados se muestran concisamente las consecuencias de las diversas etapas del análisis de contenido del texto.

2.2. SELECCIÓN DE REFERENCIAS EN EL FACTOR DETERMINANTE ¿QUÉ ESTÁ OCURRIENDO?

En este factor se han formado una serie de nodos argumentales, entre los que

seleccionamos algunas referencias breves pero suficientes para mostrar ¿Qué está ocurriendo?, por ejemplo:

Los avances de las Cumbres del clima son lentos, como lo demuestra el hecho de que desde la primera COP1, celebrada en Berlín en 1995, se vienen reiterando las advertencias sobre el calentamiento global y la necesidad de celebrar reuniones para reducir las emisiones.

El Tercer Informe del IPCC (2001) señala que el cambio climático es una cuestión diferente de la mayoría de los problemas medioambientales que ha afrontado la humanidad.

En la Cumbre de París se identifica el cambio climático como un grave problema y como tal supone una amenaza generalizada para la vida del planeta. El Protocolo de Kyoto (1997), ya reconocía la existencia de un peligro real derivado de la posibilidad de que el clima pudiese cambiar de forma rápida y espectacular, originando consecuencias inciertas.

El Cuarto Informe del IPCC (2007) advierte del aumento del nivel del mar y sus efectos, señalando que se advierten cambios adversos en el ciclo hidrológico que originarán disminución de la cantidad y la calidad del abastecimiento de agua dulce, que la biodiversidad está amenazada y algunas especies no sobrevivirán a la transición.

El Quinto Informe del IPCC (2014) endurece su mensaje, afirmando que el calentamiento del clima es inequívoco, lo cual se

deduce de la observación del aumento de las temperaturas medias mundiales del aire y de los océanos, del deshielo generalizado y de la subida del nivel del mar.

2.3. SELECCIÓN DE REFERENCIAS EN EL FACTOR CAUSAL ¿CUÁLES SON LAS CAUSAS?

Las interacciones de los descriptores en este factor han permitido seleccionar referencias que señalan rotundamente que las causas del cambio climático provienen de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, como se aseguraba en el Primer Informe del IPCC (1990) Estos aumentos son causados principalmente por los combustibles fósiles y potencian el efecto invernadero, lo que producirá por término medio un calentamiento adicional de la superficie de la Tierra.

El 75% de las emisiones de gases de efecto invernadero proceden del uso de la energía, de la producción de electricidad, la industria, el transporte, los edificios, etc.

2.4. SELECCIÓN DE REFERENCIAS EN EL FACTOR PERSONAL ¿QUIÉN O QUIÉNES SON RESPONSABLES?

El factor personal se ha formado mediante nodos argumentales de los que seleccionamos algunas referencias significativas, por ejemplo:

Puede decirse rotundamente que el factor común del origen del problema implica al hombre. La causa antropogénica, ha sido señalada por numerosos autores:

Frecuencias de descriptores acumuladas en el factor determinante				
Descriptores	Frecuencias COP1 a COP23	Frecuencias COP24	Categorías (Quick code)	Factor resultante
Cambio	1.821	156	Cambio climático	Determinante ¿Qué?, ¿Qué está ocurriendo?
Clima	1.431	39		
Efectos	967	38		
Invernadero	583	25		
Temperatura	446	13		
Impacto	397			
Vida	415			
Calentamiento	243			
Ecosistema	279			
Riesgos	252			
Problema	200	11		
Daños	193			
Amenaza	184			
Consecuencias	152			
Causas	142			
Salud	104	45		
Pérdidas	88			
Peligro	70			
Contaminación	67			
Meteorológicos	50			
Desastres	23			
Desafío	22			
Total: (22 palabras)	8.109	327		

Tabla 2: Frecuencias acumuladas en el factor determinante. Comparación COP1 a COP23 con COP24

Cutter-Mackenzie & Rousell [6] llegan a la conclusión de que la educación sobre el cambio climático puede abrir un campo completamente nuevo de experiencia e investigación educativa cuando es inclusiva y está dirigida a los jóvenes. Liao, Yang, Zhong, et al. [10] señalan que los jóvenes son conscientes del cambio climático y en general se sienten responsables, pero no están listos para responder a sus impactos.

2.5. SELECCIÓN DE REFERENCIAS EN LOS FACTORES ESPACIAL Y TEMPORAL

Estos dos factores se han formado mediante nodos argumentales, de los que extraemos algunas referencias que nos permiten ubicar en el tiempo y el espacio los efectos del fenómeno estudiado, por ejemplo:

Según el informe del IPCC 2014, la mayor amenaza para el medio ambiente a escala global es el cambio climático, ya que supone una alteración del equilibrio planetario.

El paso del tiempo correlaciona con el incremento de las amenazas. Las alusiones a la rapidez y urgencia de las actuaciones, en las cumbres del clima suelen ser recurrentes y, las referencias al año 2050 también lo son como cita el IPCC (2014): *Los desplazados a consecuencia del cambio climático podrían alcanzar los 200 millones de personas en 2050*".

2.6. SELECCIÓN DE REFERENCIAS EN LOS FACTORES PREVISIÓN, PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN. ¿QUÉ SE ESTÁ HACIENDO? ¿QUÉ SE DEBE HACER?

Los descriptores seleccionados para determinar los factores previsión, prevención y protección han dado lugar a interacción acumulada en los nodos argumentales, que nos ha permitido advertir la correspondencia e interdependencia de estos factores entre sí, mediante el significado de la fórmula: Previsión + Prevención = Protección. Algunas referencias son indiciarias de la caracterización factorial, tales como:

Para combatir el cambio climático se deben adoptar estrategias de prevención, siendo el camino más seguro el empleo de energías limpias, gas natural, reducir la deforestación y mejorar la eficiencia energética, cambiar a energías renovables, evolucionar hacia la agricultura sostenible, etc.

En el ámbito de la previsión se encuentran varias menciones a los valores en los documentos analizados, pues definitivamente las medidas más eficaces son las que se asientan sobre valores éticos de carácter universal. Entre los principios éticos

referidos en la documentación analizada, encontramos la equidad como aspecto importante para lograr el desarrollo sostenible y la solidaridad reflejada en la importancia de atender las necesidades fundamentales de la población, es imprescindible para abordar el cambio climático, pero como se recoge en el informe del IPCC (1995), la aplicación de principios desarrollados para orientar el comportamiento individual es compleja y nada sencilla cuando se trata de relaciones entre los Estados.

2.7. SELECCIÓN DE REFERENCIAS EN EL FACTOR FINANCIACIÓN: ¿CUÁLES SON LOS COSTES DEL CAMBIO CLIMÁTICO?

Los descriptores que caracterizan al factor financiación, convergen en ofrecer una visión de la economía del cambio climático, respondiendo a la pregunta ¿Cuáles son sus costes?

Los grandes costes del calentamiento global son el caballo de batalla de los países. En general los estudios vienen señalando con imprecisión, cuantiosos daños debidos a la magnitud de los posibles impactos a nivel regional. No obstante, suele haber un discreto nivel de coincidencia en que los costes de implementar medidas son inferiores al coste del calentamiento global.

Finalmente, un chequeo del texto en su conjunto ha ofrecido la siguiente marca de nube de palabras, que expresa la interacción de términos en conglomerado (Figura 1).

2.8 CORRESPONDENCIA CURRICULAR DE LOS FACTORES

Una vez acreditado conceptualmente ¿Qué es el cambio climático? y los riesgos que conlleva, sería prudente que los planes de estudios de las ingenierías incluyesen materias orientadas al desarrollo de capacidades profesionales que estimulen la creatividad para afrontar novedades, la solidaridad para incrementar el



Figura 1: Imagen realizada mediante análisis de texto con software QSR NVIVO. Marca de nube realizada con NVIVO11, sobre el texto de 24 cumbres mundiales del clima. (COP1 a COP24)

compromiso con las nuevas necesidades, perspectiva internacional para percibir los efectos desde la globalidad e innovación para desafiar los cambios. Por tanto, con respecto a la inclusión de la temática del factor determinante en los estudios de ingeniería, se realiza la siguiente sugerencia de competencias a introducir en los planes de estudio:

Correspondencia curricular del factor determinante
Conocer el cambio climático, su evolución e impactos en la economía, la vida, las especies y analizar sus causas y consecuencias.
Capacitar para ordenar los proyectos en base a la seguridad de los ciudadanos.
Capacitar para resolver nuevos retos en ingeniería de las infraestructuras, industriales, costeras, forestales, hidrológicas, medioambientales, alimentarias, químicas, agronómicas, de montes, de la construcción, etc.
Capacitar para tomar decisiones dominando las metodologías que requiere el proceso de elección de las opciones más favorables en contextos empresariales, industriales, sociales, etc.

Las decisiones profesionales de los ingenieros repercuten en la sociedad, por tanto, en su perfil profesional debe tener una notable caracterización los valores ambientales.

Correspondencia curricular del factor causal
Capacitar para el diseño e implementación de tácticas de responsabilidad social corporativa en las instituciones y empresas.
Instruir en el desarrollo y ejecución de proyectos de ingeniería con especial consideración a los principios de sostenibilidad, a la reducción de emisiones y a la eficiencia energética.

Aún siendo de menor incidencia cuantitativa, las alusiones a las actividades humanas en las COP ponen en relevancia la importancia cualitativa y justifica el refuerzo en los planes de estudios de ingenierías de componentes deontológicos de la profesión. Para ello se propone la siguiente aptitud curricular:

Correspondencia curricular del factor personal
Capacitar en ética, teoría del deber y deontología profesional del ingeniero, para afrontar el cambio climático desde una perspectiva antropológica y sociológica.

La formación del ingeniero debe incluirse el estudio de la evolución de los efectos del cambio climático, los aspectos geográficos y temporales. Para ello, se propone la siguiente adición al plan de estudios:

Correspondencia curricular de los factores local y temporal
Facultar para el dominio de las bases científicas de la investigación y los procedimientos sistémicos e integrados requeridos para el estudio y comprensión de los impactos biofísicos, sociales y territoriales del cambio climático.

Adelantarse al futuro forma parte de los planes de previsión más rigurosos, le compete al ingeniero aplicar desde la ciencia prospectiva las fórmulas para analizar el futuro y adelantarse a las consecuencias, plasmando su visión en los proyectos.

Correspondencia curricular de los factores previsión y prevención
Capacitar para realizar estudios técnico-científicos y proyectos de investigación considerando las perspectivas posibles del escenario y del sector.
Impulsar la aplicación de fuentes de energías renovables en los proyectos.
Impulsar la creatividad y capacidad innovadora orientada al desarrollo tecnológico, así como la aplicación operativa de los proyectos mediante prácticas en empresas y centros de investigación en los que el alumno tenga la oportunidad de ejercitar el transfer del conocimiento a la acción.

La cuestión económica pone de relieve que el ingeniero debe desarrollar competencias profesionales para realizar la evaluación de impactos del cambio climático, también de los impactos económicos que ocasiona. Así, se sugiere la siguiente inclusión en el plan curricular:

Correspondencia curricular del factor económico
Capacitar en técnicas y métodos de evaluación de impacto ambiental.
Capacitar en técnicas de dirección y gestión de recursos.

3. CONCLUSIONES

La contribución de este trabajo consiste en aportar una vía de reflexión sobre la investigación curricular de la formación de los ingenieros, con el objeto de su apli-

cación industrial y en otras ramas de la actividad profesional.

Los resultados del estudio sugieren la conveniencia de incorporar en los planes formativos del ingeniero unidades didácticas cuyos contenidos expliquen el cambio climático y permitan analizar las líneas de investigación científica en torno al tema y conocer sus causas y consecuencias. El ingeniero ha de ser capaz de buscar fuentes, manejar grandes cantidades de información, realizar análisis, síntesis y explotaciones de datos, mediante el uso de redes, plataformas, manejo de software y sistemas requeridos por la especialidad, que habilitan para desarrollar y gestionar proyectos con perspectiva medioambiental y aplicada, incluyendo prácticas para facilitar la transferencia del conocimiento a la actuación profesional en el desarrollo y dirección de la ejecución de cualquier proyecto propio de la especialidad.

Debe abordarse el estudio de la actividad humana y su repercusión en el cambio climático, con un enfoque científico y ético, para dotar al ingeniero de capacidades para ejercer el papel de educador y orientador de empresas, que le corresponde en este complejo espacio determinado por la salud del medio ambiente.

Debe conocer los principios en los que se apoya la sostenibilidad y disponer de capacitación para contribuir a los retos de conservación del planeta, asegurar la producción de alimentos, analizar los consumos energéticos y determinar los impactos mediante el cálculo de indicadores, aplicar medidas compensatorias e investigar sobre tecnologías para el secuestro de carbono.

Los frutos del análisis también apuntan a la cualificación para diseñar soluciones de vanguardia ante los nuevos retos, ser capaces de seleccionar, diseñar, optimizar y operar sistemas de prevención y control de la contaminación ambiental, tecnologías limpias, biotecnología, energías alternativas, etc.

Todo el proceso reforzará el perfil profesional en talento y capacidad creativa que le permitirá vislumbrar las transformaciones venideras en base al análisis de tendencias (factor previsión); en inteligencia aplicada que habilita al ingeniero para convertir en favorable lo adverso y de esa coyuntura se deduce la seguridad que el diseño de ingeniería ofrece a la sociedad, a la empresa, al cliente (factores prevención y protección). Protección y seguridad, como elementos fundamentales de la calidad de vida, fin último de cada proyecto de ingeniería.

En coincidencia con Marina [11], las

innovaciones curriculares reforzarán el talento de los ingenieros, que ya tiene un alto valor en las industrias y es apreciado por las grandes empresas que invierten en ello enormes cantidades de dinero, como consecuencia parece lógico que el currículum incluya unidades didácticas sobre gestión de recursos humanos, gestión económica y tecnológica y técnicas de dirección y liderazgo, integrado en la fórmula Learning and Development (Chartered Institute of Personnel and Development. 2000)¹.

REFERENCIAS

[1] BERELSON, B. (1952). Content analysis in communication research. Nueva York: The Free Press.

[2] TORTORA, A., DINA STATUTO, PIETRO PICUNO (2015). Rural landscape planning through spatial modelling and imageprocessing of historical maps. Land Use Policy 42.

[3] BAIOCCHI GIOVANNI, CREUTZIG FELIX, MINX JAN, PICHLER PETER-PAUL (2015). A spatial typology of human settlements and their CO2 emissions in England. Global Environmental Change 34. 13–21.

[4] MILNE, ALICE E., GLENDINING, MARGARET J., LARK, R. MURRAY; PERRYMAN, SARAH A.M.; TAYLOR GORDON, ANDREW P. WHITMORE (2015).Communicating the uncertainty in estimated greenhouse gas emissions from agriculture. Journal of Environmental Management 160.

[5] ROJAS, MAISA; MAC-LEAN, CLAUDIA; MORALES, JUAN; et al.(2017). Education on climate change and literacy in the Faculty of Physical and Mathematical Sciences of the University of Chile. INTERNATIONAL MAGAZINE OF GLOBAL WARMING Volume: 12 Number: 3-4 Special issue: SI Pages: 347-365 Published: 2017.

[6] CUTTER-MACKENZIE, AMY; ROUSELL, DAVID (2019). Education for what? To shape the field of education about climate change with children and young people as co-researchers. GEOGRAPHIES FOR CHILDREN Volume: 17 Number: 1 Special issue: YES Pages: 90-104 Published: JAN 2019

[7] CASCOLAN, HONELLY MAE S .; PRUDENT, MARICAR S.(2017). Use of the guided research process oriented Learning in the teaching of climate change. Conference: 3rd International Conference on Education (ICOED) Location: Melaka, MALAYSIA Date: NOV 07-09, 2017. Sponsor (s): Malaysian Tech Scientist Assoc. LYRICS OF ADVANCED SCIENCES Volume: 24 Number: 11 Pages: 7961-7965 Published: NOV 2018

[8] BORMANN, HELGE; STEINBRECHER, JUERGEN; ALTHOFF, INGRID; et al.(2016). Recommendations for the development of capacities in water resources engineering and environmental management in Latin America. WATER RESOURCES MANAGEMENT Volume: 30 Number: 10 Pages: 3409-3426 Published: AUGUST 2016

[9] JABER, JAMAL O.; AWAD, WAEI; ABU RAHMEH, TAIESEER; et al. (2017). Renewable energy education in Jordan's engineering faculties: relationship between demography and the level of knowledge of senior students. REVISIONS OF RENEWABLE AND SUSTAINABLE ENERGIES Volume: 73 Pages: 452-459 Published: JUN 2017.

[10] LIAO, WENMIN; YANG, LIANPING; ZHONG, SHUANG; et al.(2019).Preparing the next generation of health professionals to face climate change: Are Chinese medical students ready?. ENVIRONMENTAL RESEARCH Volume: 168 Pages: 270-277 Published: JANUARY 2019.

[11] MARINA, J.A. (2015). Despertad al Diplodocus. Una conspiración educativa para transformar la escuela... y todo lo demás. Ariel. Barcelona.

¹ Chartered Institute of Personnel and Development (2000). Asociación de gestores de recursos humanos con sede en Wimbledon.