

CÁTEDRA «JORGE JUAN»
Ciclo de conferencias, curso 2015-2016

M.^a Carmen Ramírez Gómez (ed.)

A Coruña 2017

Universidade da Coruña
Servizo de Publicacións

Cátedra «Jorge Juan». Ciclo de conferencias, curso 2015-2016

RAMÍREZ GÓMEZ, M.^a Carmen (editora)

A Coruña, 2017

Universidade da Coruña, Servizo de Publicacións

Cursos_congresos_simposios, n.º 141

N.º de páxinas: 184

17 x 24 cm

Índice: pp. 5-6

Depósito legal: C 706-2017

ISBN: 978-84-9749-663-6

CDU: 011(042.4)*CATJORGEJUAN

IBIC: PDZ

EDICIÓN

Universidade da Coruña, Servizo de Publicacións <www.udc.gal/publicacions>

© da edición, Universidade da Coruña

© dos textos, os autores

© das imaxes e fotografías, os seus propietarios

© dos carteis das conferencias, Occidente Diseño y Comunicación S.L.

DISTRIBUCIÓN

Galicia:

- Consorcio Editorial Galego. Av. da Estación 25, 36812 Redondela (Pontevedra)
pedimentos@coegal.com

España e internacional:

- Logística Libromares, S.L. C/ Matilde Hernández 34, 28019 Madrid (España)
pedidos@libromares.com
- Pórtico Librerías. C/ Muñoz Seca 6, 50005 Zaragoza (España)
distribucion@porticolibrerias.es

DESEÑO DA CUBERTA: Julia Núñez Calo e Lugami Artes Gráficas

MAQUETACIÓN: Lugami Artes Gráficas

IMPRIME: Lugami Artes Gráficas

Reservados todos os dereitos. Nin a totalidade nin parte deste libro pode reproducirse ou transmitirse por ningún procedemento electrónico ou mecánico, incluíndo fotocopia, gravación magnética ou calquera almacenamento de información e sistema de recuperación, sen o permiso previo e por escrito das persoas titulares do *copyright*.

ÍNDICE

PRÓLOGO	
Xosé Luís Armesto Barbeito	7
PRESENTACIÓN	
M. ^a Carmen Ramírez Gómez.....	11
CONFERENCIAS	
A TRAVÉS DE LA MAR TENEBROSA	
Marina Mayoral	15
SISTEMAS AÉREOS PILOTADOS DE FORMA REMOTA (RPAS): HISTORIA, SISTEMAS Y OPERACIONES	
José Manuel Andújar Márquez.....	29
NUEVAS TÉCNICAS DE ESTIMULACIÓN PARA CEREBROS MÁS SANOS	
Javier Cudeiro Mazaira	55
CAMBIO CLIMÁTICO: DE LA CATÁSTROFE AL DESENCANTO	
Martín Barreiro.....	63
EL ASTILLERO 4.0	
Manuel Ángel Recamán Rivas	71
MARTE Y MERCURIO UNIDOS POR HÉRCULES. EL SUEÑO ILUSTRADO DE UN GRAN PUERTO HISPANO-INDIANO EN EL GOLFO DE LOS ÁRTABROS (1720-1788)	
Alfredo Vigo Trasancos	93

EL DÍA DEL REGRESO AL FUTURO: ¿SE PUEDE VIAJAR EN EL TIEMPO? Miguel Ángel Sabadell.....	115
CERVANTES Y EL QUIJOTE ANTE LA LITERATURA DE SU TIEMPO José Montero Reguera.....	125
RESPUESTAS DEL ESTADO DE DERECHO ANTE LA CIBERDELINCUENCIA Ana M. ^a Martín Martín de la Escalera.....	137
ACTO DE CLAUSURA DEL CURSO	147

PRÓLOGO

XOSÉ LUÍS ARMESTO BARBEITO
Ex-Reitor da Universidade da Coruña (2012/2016)

Teño a honra e o pracer de prologar este volume, que recolle as conferencias da vixésimo segunda edición da Cátedra Jorge Juan, a petición da Prof.^a Dra. Carmen Ramírez, a súa directora no ano académico 2015-2016 na quenda da Universidade da Coruña, institución que se alterna na súa dirección coa Armada.

Esta edición pon de manifesto o excelente traballo desenvolvido pola Dra. Ramírez. As dez intervencións que se desenvolveron nese curso, e que agora se reúnen neste volume, mostran a vocación de servizo público da cátedra e o cumprimento dos seus obxectivos de divulgación e de extensión cultural, sempre con Ferrol e a súa contorna como destinatarios preferentes. Novela, historia, cambio climático, fisioloxía humana, traballo en equipo, asteleiro 4.0, regreso ao futuro, Cervantes, ciberseguridade, son algúns dos asuntos que protagonizaron unhas sesións que tiveron unha excelente acollida por parte da cidadanía, que acudiu aos actos organizados nas instalacións do Arsenal ferrolán en maior número que en edicións anteriores. O mérito foi, sen dúbida, dos conferenciantes mais tamén de quen planificou e organizou as actividades. Variedade, rigor, actualidade son notas comúns a todas elas, como agora todos vostedes teñen a ocasión de comprobar coa lectura destas páxinas.

Os vinte e dous anos de vida da Cátedra Jorge Juan mostran o acerto que foi a súa creación, e a súa vitalidade pon de manifesto como a leal cooperación institucional –neste caso entre a Armada e a Universidade da Coruña–, é sempre o mellor camiño. Ao longo dos catro anos en que tiveron a honra de participar como reitor nos actos da cátedra puiden comprobar a profesionalidade, a cooperación e o sentido de servizo público dos representantes da Armada, e como a relación institucional (tamén a persoal) foi franca e fluída: na miña opinión, un exemplo a seguir en tempos onde non sempre o diálogo e a colaboración preside a interlocución entre os organismos públicos.

Parabéns a todas as persoas que en moi diversos planos e en diferentes tarefas colaboran e colaboraron coa cátedra, ás súas directoras e directores que, ano tras ano,

son exemplo de traballo entusiasta e de rigor e, moi especialmente, á Dra. Ramírez polo seu exemplar labor.

Moitas grazas a todos aqueles que nos acompañaron nos actos da presente edición e a todos os que agora se achegan ás páxinas que, sen dúbida, lles resultarán tan amenas como interesantes.

**CÁTEDRA «JORGE JUAN»
MEMORIA CURSO 2015-2016**

M.^a CARMEN RAMÍREZ GÓMEZ

Natural de Ferrol (A Coruña).

Catedrática de Universidad de Física del Área de Física Aplicada de la Universidade da Coruña. Es Licenciada en Ciencias Físicas por la Universidad de Valladolid, y paralelamente se graduó como Profesora de EGB por la Universidad de Valladolid. Se doctoró en Ciencias Físicas en la Universidade de Santiago de Compostela con un trabajo desarrollado en el campo de los materiales poliméricos.

Antes de incorporarse a la Universidad fue Profesora de Enseñanza Primaria y Bachillerato en centros públicos y privados habiendo realizado las oposiciones a Profesora de EGB de la Xunta de Galicia. Imparte Física en titulaciones de Ingeniería Naval, Industrial (Electrónica y Eléctrica) en la Escuela Universitaria Politécnica de Ferrol de la Universidade da Coruña. Ha impartido clases en Programas de Doctorado y Máster en materias de Ciencia y Tecnología de Polímeros.

Es Investigadora del Grupo de Polímeros de la Universidade da Coruña desde 1993. Autora de más de 60 publicaciones en revistas JCR y de más de 50 comunicaciones a congresos internacionales del ámbito de los nanocompuestos y materiales poliméricos. Ha participado como investigadora en 23 proyectos de Investigación financiados en convocatorias públicas y en 64 contratos I+D y asistencias técnicas con empresas generalmente del sector del plástico.

Ha dirigido un proyecto de investigación de la Xunta de Galicia, 3 tesis doctorales y numerosos trabajos de investigación tutelados dentro del Programa de Doctorado y del Máster, así como proyectos de Fin de Carrera. Miembro de Tribunales de Premios Nacionales de Tesis

Doctorales, de Tesis Doctorales y de Proyectos fin de carrera/grado.

Miembro de comités organizadores de congresos internacionales y nacionales. Organizadora de Cursos de Verano de la UDC y de la UIMP. Actividad más reciente: julio 2015, responsable del Simposio “Polímeros de Aplicaciones Avanzadas” dentro de la XXXV Bienal de Química de la RSEQ en A Coruña.

Miembro del Comité Nacional del Grupo Especializado de Polímeros de las RSEF y RSEQ (junio 2009-junio 2014). Miembro del Consello de Goberno de la UDC (abril 2015-enero 2016).

Directora del Departamento de Física de la Universidade da Coruña (junio 2007-julio 2015).



Excmo. Sr. Almirante General Jefe de Estado Mayor de la Armada, Sr. Reitor Magnífico da Universidade da Coruña, Excmo. Sr. Almirante del Arsenal, Sra. Vicerreitora do Campus de Ferrol, autoridades, amigas y amigos, muy buenas tardes.

Soy ferrolana, hija de ferrolanos y madre de ferrolanos, nací y crecí viviendo la ciudad, que fundamentalmente se desarrollaba entorno a dos grandes pilares: la Marina y la construcción naval, y posteriormente a estos dos polos se le sumó un tercero: la Universidad, cuyos orígenes están en la Escuela de Peritos Navales. Siempre estuve vinculada a la construcción naval por familia, y por mi formación y profesión, a la Universidade da Coruña, en donde imparto docencia de Física y realizo investigación, y ahora se suma la vinculación que me faltaba, la de la Armada. Me causa una gran satisfacción y me siento agradecida por la confianza que deposita en mí, tanto el Sr. Almirante como el Sr. Reitor, para dirigir la Cátedra Jorge Juan durante el próximo curso 2015-16, en esta vigésima primera edición. No sé si soy consciente de la responsabilidad que este nombramiento lleva consigo, pero con ilusión y trabajo, espero no defraudar y poder estar a la altura de mis predecesores, a todos ellos, gracias por los sólidos cimientos que habéis construido.

Jorge Juan, el Excmo. Sr. D. Jorge Juan y Santacilia, era natural de Novelda (Alicante), en dónde nació hace algo más de 300 años, por tanto no es ferrolano, pero por la huella que dejó en la construcción naval, por haber dominado el mar con barcos de nuevo tipo y construcción, y por su aportación a la ciencia, la Cátedra lleva su nombre.

El siglo XVIII fue fructífero en científicos, cabe destacar a Coulomb, Galvani, y Volta en estudios de electromagnetismo y electricidad, a Bernoulli en fluidos, Fahrenheit y Celsius con sus célebres escalas termométricas, Lavoisier y Black en el campo de la química y Linneo, biólogo fundador de la moderna taxonomía, pero en el campo de la tecnología, indudablemente tenemos que referirnos a “nuestro anfitrión”, Jorge Juan.

Midió la longitud del meridiano terrestre demostrando que la Tierra está achatada por los polos y reformó el modelo naval de su época. Durante su estancia en Ferrol, junto al ingeniero Llobet, planeó y construyó el Arsenal, realizó las obras de las prime-

ras gradas e inició los planos del que sería el Barrio de la Magdalena, configurando a Ferrol como ciudad modelo de la Ilustración. Debido a su amplia formación en todas las ramas de la ciencia, ingenió soluciones a problemas de minería, hidráulica e industrias como la siderurgia. Tiene estudios curiosos, como que fue el primero en hablar de la platina o platino, como mineral diferente de la plata y del oro.

Jorge Juan fundó la Asamblea Amistosa Literaria, en donde tenía cabida cualquier tema de interés del s. XVIII, y yo, humildemente, espero que de igual manera, les pueda ofrecer a ustedes en esta cátedra, temas de interés del s. XXI.

Deseo aportar un granito de arena a la ciencia y a la cultura de la ciudad. La divulgación científica la tenemos que poner al alcance de todos y debemos cultivar el espíritu acercándonos a las distintas ramas del conocimiento, del pensamiento, de la historia, de la geografía, de la literatura y, como no podía ser de otra manera, de la ciencia y de la tecnología, de la que como vimos, Jorge Juan fue pionero, además de ser un gran humanista.

Les invito a recorrer este camino acompañándome, y llevar esta misión de dirigir la Cátedra a buen puerto, y les pido su colaboración en esta tarea de divulgar y mantener viva la figura del mejor científico de la Ilustración española.

Agradezco a todos su atención, pero a quien tengo que agradecer especialmente su colaboración es al Capitán de Navío, D. Manuel Romasanta: gracias Manuel, a quien relevo adquiriendo por ello una responsabilidad de la que espero disfrutar.

Nada más que añadir, solo decir que una nueva edición de la Cátedra zarpa ya y con rumbo por descubrir.

Buenas tardes a todos y a todas, y muchas gracias.

CONFERENCIAS

MANUEL ÁNGEL RECAMÁN RIVAS

El Astillero 4.0

10 DE MARZO DE 2016

MANUEL ÁNGEL RECAMÁN RIVAS

Es ingeniero naval por la ETSIN de Madrid (1979) y doctor ingeniero naval por la Universidade da Coruña (1999).

Ha desarrollado toda la carrera profesional, desde el año 1981 hasta la actualidad, en la Empresa Nacional Bazán, ahora Navantia. Cuenta con más de 30 años de experiencia en el área de la ingeniería naval y la gestión de procesos en el campo del diseño construcción de buques para Armada Española y para la exportación.

Ha sido director del astillero Fene-Ferrol entre los años 2002 y 2009. En 2010 fue trasladado a la dirección corporativa de Navantia en la que ocupó los puestos de director de construcción naval y director de ingeniería e innovación.

Actualmente está encargado de la puesta en marcha del «Centro Tecnológico Romero Landa» de Navantia.



SALUDO

Rector de la UDC, Almirante del Arsenal, Vicerrectora del Campus de Ferrol, Directora de la Cátedra Jorge Juan, autoridades, amigos todos.

Más allá de la sincera cortesía habitual en estas ocasiones, es hoy para mí un motivo de especial satisfacción poder estar con Vds. para presentar el Astillero 4.0, en un marco como este, que lleva el nombre de un genio, en el que cualquier ingeniero naval se sentiría especialmente honrado.

Estoy especialmente agradecido por esta oportunidad, pues, siendo responsable del Astillero 4.0 en Navantia y teniendo entre mis obligaciones la difusión en todos los ámbitos del nuevo concepto para ganar el mayor número de adhesiones al mismo, la cátedra Jorge Juan es el mejor foro que se puede encontrar, dadas las características del tema.

Aprovecho la oportunidad para expresar también el agradecimiento que debo a la Armada, porque, en un país como el nuestro, con una cultura limitada en la visión del largo plazo, la Armada ha enseñado siempre a los ingenieros de Navantia a contemplar el tiempo con una perspectiva amplia: hacia atrás llegando a Gaztañeta, Patiño, Ensenada, Jorge Juan y Romero Landa. Y hacia delante, diseñando y construyendo buques para 40 años de vida. Y en conjunto, nos enseñó a conocer el pasado para saber anticipar con acierto el futuro, algo que necesitamos especialmente al tratar temas como el de esta conferencia.

Antes de entrar en la materia, me viene a la mente una frase que dijo el 2.º AJE-MA, Almirante Ruesta, cuando hicimos la presentación pública del nuevo concepto de Astillero 4.0 en las Jornadas Tecnológicas de la Armada del año 2015, frase que memoricé y que también le agradezco: «En España, si alguien quiere que una idea triunfe tiene que renunciar a la propiedad intelectual sobre ella».

En este sentido, con el ánimo de que el concepto de Astillero 4.0 se difunda en la mayor extensión posible, renuncio a cualquier derecho sobre la modesta contribución personal contenida en lo que voy a exponer, y que, en realidad, recoge contribuciones de muchas personas de Navantia, a las que también agradezco su colaboración.

Por último, agradezco a los autores, en muchos casos anónimos, de las figuras que se utilizan en la presentación de hoy, que han sido bajadas de Internet.

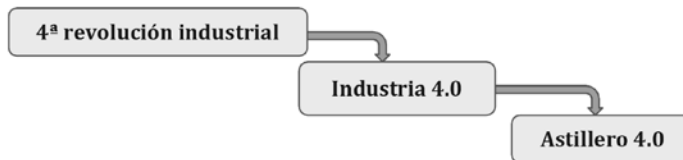
Quiero terminar mi introducción, poniéndome la venda antes de la herida, y pidiéndoles su comprensión si, aunque he intentado evitarlo, en algún momento me escoro hacia los aspectos más técnicos de esta materia. Pero existe ese riesgo porque, como verán, se trata de un concepto complejo, por su extensión y profundidad.

Sepan que mi único objetivo es intentar compartir con Vds. los elementos fundamentales del Astillero 4.0 para, no se lo oculto, empezar a ganarles para la causa.

Y sin más preámbulos, entremos en materia.

EL ASTILLERO 4.0

Si hubiera que empezar con una definición teórica del Astillero 4.0, diríamos que se trata de la particularización al ámbito de la construcción naval del concepto de Industria 4.0, siendo este concepto, a su vez, una consecuencia de la 4.^a revolución industrial.



Siendo así, yendo de lo general a lo particular, veremos, en primer lugar, qué es la 4.^a revolución industrial, luego la Industria 4.0, y finalmente el Astillero 4.0.

Pero quiero que sepan la conclusión de toda la exposición sin tener que esperar al final. Y esta conclusión es que, como espero saber transmitirles, **para Navantia, el Astillero 4.0 es una auténtica necesidad, una obligación.**

De ahí que, si hubiera que dar una definición práctica de este nuevo concepto, esta sería que **el Astillero 4.0 es el único camino que tiene Navantia para su sostenibilidad competitiva en el medio y largo plazo.** E intento explicarles por qué.

Conocen en alguna medida la realidad de Navantia, que es seguida de cerca por los medios de comunicación locales, y saben que los números de nuestra empresa tienen que mejorarse. Y probablemente se dan cuenta de que para que la empresa sea sostenible en un contexto competitivo internacional necesita acometer cambios

importantes. Y a esto se viene dedicando los últimos años, a su **transformación para alcanzar la sostenibilidad competitiva**.

Y para conocer mejor la realidad del contexto general del negocio de la construcción naval, Navantia ha visitado los astilleros líderes mundiales, algunos de ellos competidores directos, de forma parecida, salvando las distancias siderales con el genial marino científico, a como hizo Jorge Juan allá por 1750, cuando fue enviado por el Marqués de la Ensenada al Reino Unido para conocer las prácticas constructivas de los británicos, que estaban dando como resultado los mejores barcos del mundo en esa época. Y, por supuesto, en nuestro caso, sin tener que huir por piernas de los países visitados, como tuvo que hacer él, al ser acusado de espionaje.

De esta manera, en los dos últimos años Navantia visitó astilleros en Alemania, Reino Unido, EE.UU., Corea, Japón, China y Holanda, y, con las lógicas reservas que suelen encontrarse en este tipo de visitas, pues nadie quiere arriesgarse a que le copien posibles competidores, pudimos observar las mejores prácticas de la construcción naval moderna.

Y la conclusión de las visitas fue preocupante, pues sirvió para confirmar la sospecha que teníamos de que, estando nuestros productos, o sea, nuestros barcos y sistemas, al máximo nivel mundial, nuestros procesos necesitan una mejora profunda, en algunos terrenos radical. Y al decir **procesos**, hay que entender todos los que, directa o indirectamente, hay que realizar para la obtención de los barcos: el diseño, las compras, la producción, la calidad, la planificación, etc., pues la combinación de todos ellos conduce al plazo y al coste que tenemos que mejorar frente al mercado internacional para ser competitivos y sostenibles.

Y pudimos ver que Japón ha sido capaz de mantener el tercer puesto en la construcción naval mundial con un nivel salarial superior al español; y que Corea está aguantando a China con un nivel salarial similar al español. Entregando ambos los barcos en unos plazos muy cortos gracias a la eficiencia de sus procesos. Y digo «plazos» por ser un indicador poco dudoso de la eficiencia de los procesos.

Pero no solo tenemos que cambiar nuestros procesos, sino también la forma en que estos se organizan con nuestros clientes y, sobre todo, con nuestros proveedores-colaboradores. Lo que se llama el **modelo de negocio**.

Resumido en una frase: **hacemos los mejores barcos, pero necesitamos cambiar la forma de diseñarlos y construirlos**, entre nosotros y nuestros colaboradores, para conseguir menor plazo y coste, y alcanzar la **sostenibilidad competitiva**.

Esto no debería ser una sorpresa para nadie, si se piensa que en nuestro sector se compite contra los líderes mundiales, y es evidente la dificultad que esto supone. Si se hace una reflexión sencilla se puede tener una idea de lo que esto significa. Piénsese, así, el esfuerzo que supondría para cualquier profesional de Ferrolterra competir de esta manera: que los fontaneros, los médicos, los abogados, los electrónicos o los hosteleros tuvieran que competir con los americanos, los japoneses, los alemanes, etc.,

de igual a igual. Algunos lo conseguirían y mucho otros no, pero, en cualquier caso, se intuye lo duro que resultaría.

Por supuesto que muy cerca tenemos empresas que lo consiguen: Inditex, el ejemplo más repetido, o, en el terreno industrial, PSA Peugeot Citroën, que consigue competir con los citados japoneses y coreanos. Son ejemplos que, en menor o mayor medida, pueden servir como referencia para la construcción naval. Hagámonos un pregunta: ¿por qué, si cogemos el ayuntamiento de Vigo en España y el de Ulsan en Corea, en el que se asienta Hyundai, con su astillero líder mundial y su fábrica de coches, Vigo es capaz de competir en los coches y no es capaz de competir en los barcos? Si acertásemos a contestar esta pregunta, probablemente habríamos dado un importante paso adelante en el camino de la sostenibilidad de la construcción naval en España.

Siempre es más fácil decir qué hacer. Queremos ser competitivos para ser sostenibles, y necesitamos la receta para conseguirlo, una receta que no se encuentra en ningún libro. Pues bien, fue buscando esta receta o modelo a seguir, cuando Navantia encontró la única solución: la Industria 4.0, que en nuestro sector, hemos llamado el **Astillero 4.0**.

Por eso, lo que decía hace un momento, que **para Navantia, el Astillero 4.0 es una auténtica necesidad, no es opcional**. Y, por lo que hemos podido compartir con los dirigentes de los mejores astilleros de Europa y América, también lo es para todo el sector de la construcción naval occidental.

Entenderán, por ello, nuestro interés en la difusión del concepto, que va más allá del programa de la segunda cadena de TVE o de Discovery Max, pues estamos hablando de nuestra sostenibilidad o sea de nuestra supervivencia en el medio y largo plazo. Y desde esta perspectiva de profundo interés, intentaré presentar los aspectos fundamentales del concepto de Astillero 4.0, para conseguir toda la colaboración posible en la aplicación de la receta 4.0, pues, como verán, es un camino que ninguna empresa puede recorrer sola.

Y para ello, como ya he dicho, vamos a hacer un zoom, empezando en el marco más general y acercándonos en dos movimientos hasta el Astillero 4.0.

El marco general es el de la 4.^a revolución industrial. El primer movimiento de zoom nos situará en la Industria 4.0. Y el segundo movimiento es el del Astillero 4.0.

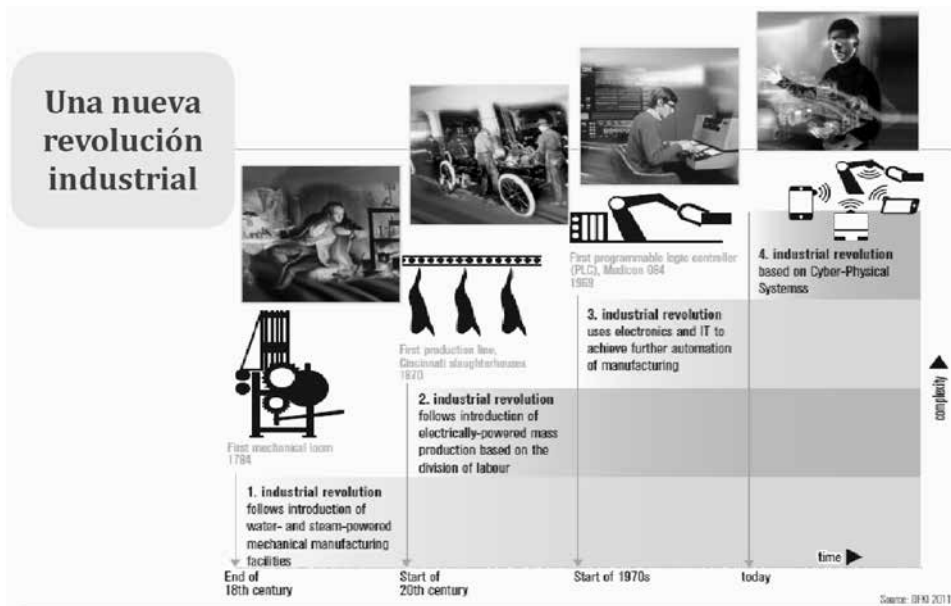
O sea: 4.^a revolución industrial – Industria 4.0 – Astillero 4.0.

LA 4.^a REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Hay un consenso creciente en la aceptación de que el mundo se encuentra en un momento de cambio histórico que tiene las características de una revolución industrial.

La situación se compara con la 1.^a revolución industrial, asociada a la utilización del vapor y del carbón y a la mecanización del textil (a partir de la segunda

mitad del siglo XVIII); con la 2.^a revolución industrial, que se asocia a la electricidad, los combustibles líquidos y la fabricación en serie, y podríamos decir al cine (finales del siglo XIX a principios del XX); y con la 3.^a revolución industrial, asociada a la automatización de los procesos, la robótica y la tecnología digital, y el pop y el rock (segunda mitad del siglo XX).



Cabe decir que este consenso sobre el carácter histórico del cambio que nos viene, se confirma al ver la atención creciente que han empezado a prestarle todos los medios de comunicación generalistas, como puede verse en los periódicos, y los foros especializados, como acaba de suceder con la cumbre de Davos, recientemente celebrada, de la que fue el tema central.

Pues bien, así como las anteriores revoluciones fueron impulsadas por el vapor y la electricidad como fuentes de energía inanimada, la **4.^a revolución industrial** vendrá impulsada por la utilización a gran escala de las tecnologías digitales y de los sistemas de información. Y el papel que entonces jugaron el carbón y los combustibles líquidos, ahora lo jugarán las energías renovables o limpias. Y junto a estos elementos esenciales, aparecen otros que se aprovechan de ellos y contribuyen a la revolución en marcha, como sucede con la genética, la nanotecnología, o los transportes sin conductor, por citar algunos, abarcando todos los ámbitos de la sociedad, y particularmente la industria. Aunque habrá que subsanar algunos fallos.

Permítanme una mínima precisión en cuanto al nombre. Hay expertos que creen que este cambio a gran escala es, en realidad, un punto de inflexión en la tercera revolución industrial, que ya era digital y robótica, algo así como un cambio de marcha en un coche, como si se pasara de segunda a sexta manteniendo el par. Mientras que otros (claramente los alemanes, que han arrastrado a Europa) creen que este cambio es tan fuerte que merece diferenciarse, y por eso dicen que es la cuarta. Pero unos y otros coinciden en los efectos que se van producir, y lo más importante, en las medidas que es imprescindible adoptar para estar preparados y aprovechar el impulso de la revolución.

Por esto me gustaría que este concepto quedase claro:

La 4.^a revolución industrial ha comenzado y va afectar a todo el mundo, guste más o menos, y vendrá cargada de riesgos y oportunidades, de justicias e injusticias. Y tenemos que estar preparados.

Los expertos intentan explicar esto con metáforas o analogías. Y se oye que la 4.^a revolución industrial es como un tsunami que nos va a alcanzar a todos.

Pero como la energía de un tsunami es momentánea e imposible de aprovechar, a mí me parece más apropiada la analogía con un cambio de clima que fuese a provocar crecidas en los ríos a lo largo de todo el año indefinidamente. En este símil, teniendo tiempo para prepararse, unos pueblos construirían centrales hidráulicas, que generarían energía limpia, y sistemas de regadío, aprovechando así el impacto del cambio. A todos los niveles.



La historia muestra que otros pueblos continuarían como si nada fuera a suceder, y cuando llegasen las crecidas continuas sufrirían las consecuencias. La propia historia de España, y de Galicia en particular, proporciona fuentes de experiencia que no está de más recordar.

Como quiera que sea, hay una firme convicción de que se destruirán muchos millones de empleos convencionales y se crearán muchos millones de empleos en las nuevas tecnologías. Los pesimistas temen que se creen menos que los que se destruyan, sobre todo en las etapas iniciales, mientras que los optimistas echan mano de la historia y esperan que, aunque sea con retraso, los empleos que se creen superarán o, al menos, compensarán a los que se destruyan. Pero todos coinciden en que será inevitable.

Además, optimistas y pesimistas coinciden en que el aumento de las desigualdades entre pueblos y capas sociales es uno de los efectos más temidos de la 4.^a revolución industrial.

Pero la 4.^a revolución industrial tiene riesgos y oportunidades, es como un arma de doble filo. El lado malo, el riesgo del desempleo y la mayor desigualdad. Pero el lado bueno es que las nuevas tecnologías proporcionarán atajos a las sociedades menos desarrolladas para acercarse rápidamente a las más adelantadas, pues todas tendrán acceso fácil a las mismas. Este atajo también lo tomarán las empresas que sepan utilizar el tremendo potencial de la 4.^a revolución industrial. Y es evidente que este es el camino que tenemos que seguir los que no somos líderes.

Por eso es fundamental que nos preguntemos, qué queremos hacer al respecto: ¿aprovechar el tiempo o esperar?

Y que esta pregunta la compartamos todas las organizaciones y personas que podamos contribuir a la solución. Y es que todos los expertos coinciden también en otro aspecto que quiero subrayar.

Para aprovechar el enorme potencial de la 4.^a revolución industrial será, me corrijo, es necesaria la acción coordinada de todos los agentes sociales:

- **administraciones** (en nuestro caso, las cuatro, europea, nacional, autonómica y local),
- **educación** (se suele decir la universidad, pero yo me atrevería a decirlo en el sentido más amplio),
- **los medios de comunicación**, y,
- sobre todo, en nuestro caso, la **industria**, incluyendo a todos los que la formamos.



Y aprovechando que estamos entre amigos, me atrevo a abusar de la confianza para decir que yo creo que podemos y debemos empezar a buscar las respuestas sin esperar más a Bruselas, Madrid, o Santiago, que ya han dado pasos, como veremos. Y proponer que pensemos nosotros mismos cómo queremos ponernos de acuerdo en nuestras respectivas organizaciones para empezar a construir los medios para aprovechar la 4.^a revolución industrial:

- cómo queremos que sea nuestra construcción naval,
- cómo queremos educar a nuestros futuros profesionales,
- cómo queremos difundir y concienciar a todos los interesados,

- qué sectores económicos queremos priorizar (cuando no sea posible compatibilizar los intereses sectoriales),
- cómo queremos que sea nuestra ciudad y nuestro entorno.

Es posible que encontrar las respuestas nos cueste más que a esos pueblos, como el japonés o el alemán, que tienen tan arraigada en su cultura la constancia de la hormiga más que la genialidad e improvisación, pero, al menos en la construcción naval, es necesario tomar conciencia de que podemos estar en el frente. Y desde luego, los sectores que tenemos que competir con ellos, tenemos que conseguirlo, sí o sí.

Y, vuelvo a decir que, dada la magnitud del cambio, no podemos hacerlo los astilleros solos.

En resumen, **el éxito frente a la 4.ª revolución industrial se basará en dos ideas igual de necesarias: digital y colaborativa.**

Y muchas personas piensan que **la mayor dificultad estará en la colaboración**, pues la componente digital, que está asociada a las máquinas, se podrá comprar en las tiendas, mientras la colaboración dependerá de las personas, y a las personas no se nos compra tan fácilmente.

INDUSTRIA 4.0

Con esta certidumbre sobre la revolución que viene, y de que tenemos que hacer algo, nos preguntamos: concretamente, ¿qué podemos y debemos hacer nosotros?

Esto es lo que han hecho los líderes europeos, con Alemania, otra vez, a la cabeza: preguntarse qué se debe hacer.

Y en su reflexión, autocrítica y constructiva, reconocieron que en las últimas décadas Occidente priorizó el sector de los servicios sobre el industrial, dejando que otras regiones del mundo cogieran el liderazgo. Así, cuatro países de Asia están entre los cinco primeros del mundo en la contribución que la industria aporta a su riqueza nacional, mientras, en Europa, solo está Alemania en el quinto puesto.

Y no parece casualidad que la construcción naval mercante presente un perfil similar al de la industria en general, con cuatro países asiáticos entre los cinco primeros, con España en un discreto decimoctavo puesto, con menos del 0,2% del total de las toneladas, lo que supone la décima parte de Filipinas y a años luz de Corea, China y Japón.

Y los líderes europeos vieron, sobre todo con la llegada de la crisis económica, que la debilidad de la industria supuso la pérdida de millones de empleos de alta calidad, directos e indirectos, y también supuso la pérdida del efecto tractor que la industria ejerce en todos los sectores sociales.

Y reconociendo su error, decidieron aprovechar la potencialidad de las nuevas tecnologías digitales y poner en marcha la 4.^a revolución para aplicarla en la industria y recuperar el terreno perdido y, así, elaboraron el concepto, el modelo, la receta: ¡¡**Industria 4.0!!**



Y establecieron el ambicioso objetivo de alcanzar el 20% del PIB para el año 2020 a partir del 15% actual.

Y empezaron a estimular a los agentes innovadores con un combustible que en mayor o menor medida siempre funciona: los euros.

Dentro de la complejidad que tiene, intentaré dar algunas ideas básicas de la Industria 4.0, totalmente aplicables a la construcción naval, recordando siempre las dos características clave de la 4.^a revolución industrial: digital y colaborativa.

Pues bien, la aplicación de estas dos palabras en el mundo industrial se traducirá en la utilización masiva de las tecnologías digitales para conseguir una mejora radical en los procesos, que será posible gracias a un desarrollo profundamente integrado y colaborativo de todas las actividades.

Y me veo obligado a mencionar algunas características técnicas de la Industria 4.0, o sea, los ingredientes de la receta.

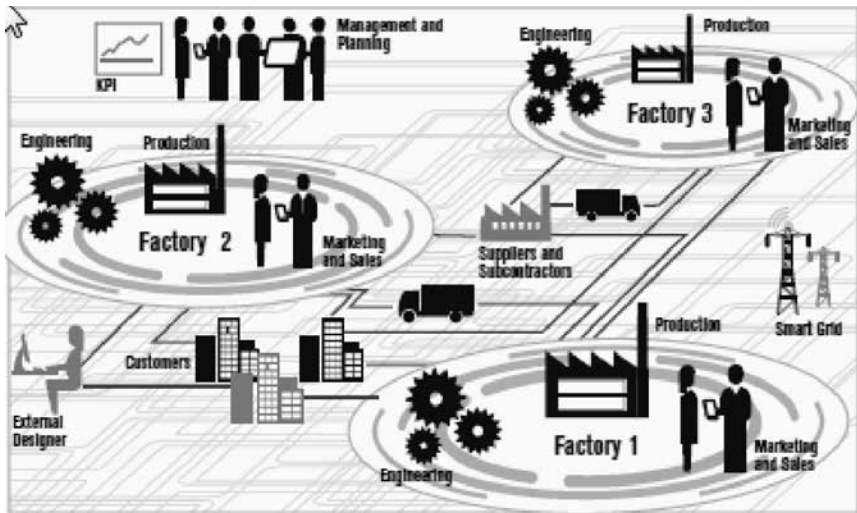
- En primer lugar, señalaría que la fábrica o el astillero será un lugar lleno de máquinas y robots “inteligentes”, que procesarán materiales y equipos “inteligentes”, con una inteligencia que ya nace en su origen en los proveedores-colaboradores, fabricarán productos, en nuestro caso barcos “inteligentes”, que se entregarán a los clientes y mantendrán su inteligencia toda su vida. De ahí el nombre de **Fábrica o Astillero Inteligente**.
- Pero lo más importante de todo es que la fábrica o astillero inteligente estará operada por personas formadas desde los centros de enseñanza para las nuevas necesidades, entre ellas la de trabajar con los robots, dejando que estos hagan los trabajos pesados y repetitivos.
- En este universo de personas, instalaciones y productos inteligentes, todos los componentes, humanos y cibernéticos –tendremos que acostumbrarnos a las nuevas palabras– están interconectados y hablan constantemente entre sí, y nace el Internet de las Cosas; otra cosa nueva.



- Pero es esencial entender que esa inteligencia en las instalaciones, en los equipos y materiales y en los productos se extiende mucho más allá de la fábrica que entrega el producto final, en nuestro caso, más allá de las murallas del astillero, y adquiere la forma de una red de

valor que integra a los proveedores-colaboradores y a los clientes. Y a esto se le llama **integración horizontal** a lo largo de la red de valor.

- Y para que se entienda la importancia de los proveedores-colaboradores, me gusta recordar siempre que ellos suponen alrededor del 80% del coste final de nuestros barcos, de forma que es esencial que todos funcionemos como una sola cosa.



- Y dentro de cada fábrica, central o periférica, la información que se intercambia entre personas y máquinas en el espacio ciberfísico que será la planta del taller, fluye, para entendernos, digamos que, hacia arriba, hacia los niveles de gestión y dirección, dando lugar a lo que se llama en la nueva terminología **integración vertical**.
- Y se **intercambia constantemente información**, 24 horas al día y 7 días a la semana, porque excepto las personas, los demás miembros de la comunidad no duermen. Se intercambian millones, billones, trillones de datos, y nace

el *big data*; otra nueva expresión, que probablemente no se traducirá ya del inglés.

- Y en este universo integrado horizontal y verticalmente, **la ingeniería lo recorre todo**, constituyendo el alma técnica del universo cibernético, lo impregna todo, como el aire que llena un espacio con todas las puertas y ventanas abiertas. Tenemos que entender que sin ingeniería no hay Industria 4.0, por lo que, coherentemente con lo que he dicho, sin ingeniería no hay futuro.
- Se puede intuir que estos procesos inteligentes, que permitirán la obtención de productos inteligentes, darán lugar a **nuevos modelos de negocio** entre la fábrica o astillero, siempre en el centro de gravedad, sus proveedores-colaboradores y los clientes. Y ya se destaca las enormes posibilidades de prestar nuevos servicios asociados a los productos inteligentes.
- Y a mí me gusta subrayar que para estos nuevos modelos de negocio se necesitarán nuevas formas de contratos y mecanismos legales, que permitan la colaboración, la visibilidad, la transparencia, elemento clave, entre los distintos agentes; y ahí es donde se necesitará la inteligencia de los dirigentes en los distintos ámbitos, no de las máquinas.
- Pero es muy importante recordar que cada nuevo servicio inteligente sustituirá a uno o más de los actuales; cada nuevo proceso inteligente y altamente eficiente sustituirá a uno o más de los actuales; y se destruirán empleos convencionales, y se crearán nuevos empleos para personas que ya hay que empezar a educar.
- Es duro decirlo, pero volverá a funcionar el darwinismo que está en la esencia de la evolución de la naturaleza. Así que nosotros estamos empezando a trabajar para estar entre los cromañones y no entre los neandertales.

Bien, para resumir el concepto de Industria 4.0, digamos que se trata de una elaborada receta alemana, que contiene unos ingredientes nuevos que todos iremos memorizando poco a poco a fuerza de oírlos repetir en los medios de comunicación y en nuestros entornos de trabajo; si se me permite la licencia para hacer digerible la densa teoría anterior: 400 gramos de máquinas y robots inteligentes, otros 300 de materiales y equipos inteligentes; 100 gramos de internet de las cosas y 100 gramos de *big data*; se amasa bien, en horizontal y en vertical, con ingeniería; se deja reposar a temperatura controlada digitalmente, y en un horno cibernético durante un tiempo que ahora explicaré. Y tendremos la Industria 4.0.

Digo lo del tiempo porque la receta alemana de Industria 4.0, que, es la que se ha adoptado mayoritariamente en Europa y España, establece un marco temporal de 20 años para el desarrollo pleno de la Industria 4.0. Y a mí me da miedo decir esa cifra, a pesar de que, como decía el tanguista, 20 años no es nada, habrá personas que digan: «¡Bueno, nos sobra tiempo!». Y se lo tomarán con calma. Y, mientras, los

alemanes, daneses y otras tribus vecinas irán avanzando aparentemente sin esforzarse, como suelen hacer, sin prisa pero sin pausa; y cuando los otros pueblos se pongan en marcha ya no los podrán alcanzar. Pero debe quedar claro que a nosotros esta vez no nos van a sorprender, como en las anteriores revoluciones, y no se nos van a escapar en el primer kilómetro de la maratón.

Y en este sentido es justo decir, y debe subrayarse, que esta vez podemos sentirnos satisfechos de la forma en que ya han reaccionado nuestras administraciones, más allá de los colores políticos. Y es que efectivamente han reaccionado en todos los niveles respondiendo rápidamente al tirón alemán:

- Yendo de lejos a cerca, primero, la Comisión Europea, incorporando el concepto de Industria 4.0 como uno de sus vectores de innovación, dedicándole las ayudas que en el pasado se dedicaron a infraestructuras que todos hemos visto desarrollarse. Bruselas no enviará dinero para paseos marítimos sino para iniciativas tecnológicas, la primera de todas la Industria 4.0.
- Luego el gobierno de España, lanzando la iniciativa Industria Conectada 4.0 desde el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, buscando ayuda en la fuerza tractora de empresas de la envergadura de Telefónica, Santander e Indra.
- Más cerca están los gobiernos de las comunidades autónomas. En el caso de Navantia, los gobiernos autonómicos en Galicia, Andalucía y Murcia. Y hay que señalar que las tres incluyeron la Industria 4.0 como uno de sus ejes estratégicos de innovación, y en Galicia se puso el naval en el primer plano del escaparate. Y lo que es importante, se empezó a materializar la ayuda económica.
- Extrapolando lo anterior, está llegando el momento de las administraciones locales. Y me alegra mucho decir que también en este caso las administraciones han empezado a reaccionar, y ya se oye la expresión «Smart City», ciudad inteligente, y ya hay proyectos lanzados, como hemos podido ver en nuestros contactos con empresas tecnológicas como Telefónica e Indra.

Y es fácil deducir que una fábrica inteligente tendrá más fácil desarrollar su actividad en el entorno de una ciudad inteligente.

Y junto a las administraciones, ya han empezado a reaccionar otros agentes involucrados en la acción innovadora, como son la universidad, a la que haré mención especial, los centros tecnológicos y, naturalmente, las empresas.

Empresas como las citadas Telefónica, Santander e Indra, pero también las del automóvil, como PSA Peugeot Citroën, cuya planta de Vigo pude visitar el pasado día 26 de febrero, para confirmar que ellos ya han reaccionado al tirón alemán, porque no quieren que se le escapen sus competidores.

Ya es la tercera vez que visito PSA en Vigo, porque, insisto, en Europa, España y Galicia sí competimos con los asiáticos en la fabricación de coches, por eso nos interesa tanto saber cómo lo hacen, qué inteligencia ponen y qué sacrificios hacen, pues intuimos que su éxito debe tener mucho de las dos cosas detrás, inteligencia y sacrificio, para conseguirlo.

Y en Citroën me explicaron que consiguen competir en el frente de su sector gracias a la combinación que ya hacen de los elementos humanos y cibernéticos, y gracias, asimismo, a una impresionante integración de la fábrica con su red de proveedores altamente eficientes, tanto de la región como de España y del extranjero.

Sin duda, Citroën tiene claro el camino de la Industria 4.0.

Daré únicamente un par de cifras que estoy autorizado a difundir para hacer una comparación: solo en la fábrica de Vigo trabajan 6000 personas junto a 1420 robots, o sea, 1 robot por cada cuatro personas. Si se piensa que en un astillero, el número de robots no llega a la docena, se puede entender por qué la robótica es una de las materias a las que la construcción naval tiene que prestar máximo interés. Y gracias a eso, generan 30.000 empleos en toda Galicia.

Pero también me explicaron que la tecnología cambia muy rápidamente y que ellos necesitan cambiar igual de rápido para seguir siendo sostenibles. Que los robots actuales no son muy espabilados, incluso provocan accidentes graves, como el reciente en VW, mientras que en el futuro aparecerán los robots inteligentes y autónomos, a los que llaman colaborativos.

ASTILLERO 4.0

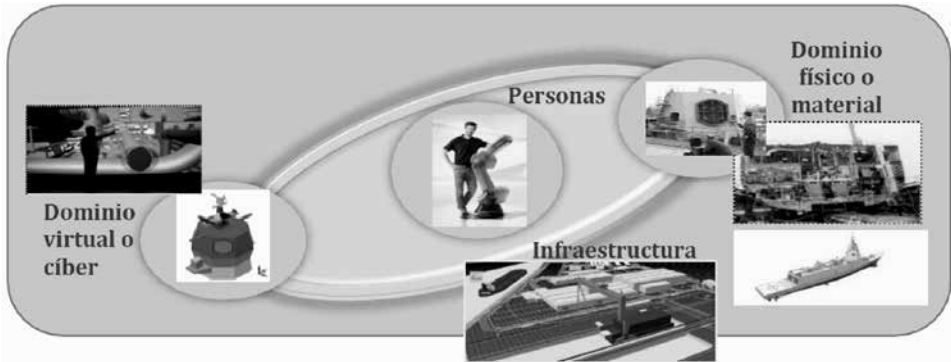
El Astillero 4.0 es la aplicación del modelo, de la receta alemana, de Industria 4.0 en el ámbito de la construcción naval.

Por ello, en el Astillero 4.0 son plenamente válidas las definiciones teóricas de integración horizontal y vertical, etc., de las que solo daré algunas pinceladas de su aplicación concreta.

Así, **el astillero 4.0 es el espacio ciberfísico en el que se integran los equipos y materiales inteligentes para fabricar buques inteligentes.**

Estos equipos y materiales inteligentes proceden de una red global de proveedores-colaboradores que pueden estar muy próximos o muy lejos del astillero, buscando siempre la competitividad del producto final, el barco, que conduce a la sostenibilidad.





Y esta integración se hará de forma transparente para el cliente: el primero de todos, la Armada Española, pero también la australiana cuyos técnicos podrán ver, a través de las pantallas de sus ordenadores en Australia, cómo se fabrican tubos, polines, conductos o equipos complejos, en el astillero o en instalaciones de proveedores-colaboradores, ubicados en polígonos industriales como el del Río del Pozo o de Porriño, o de cualquier otro lugar. Sí, los técnicos australianos verán desde sus ordenadores cómo se fabrica en el Río del Pozo.

Estos buques inteligentes serán como cromañones si se les compara con los neandertales de hoy, por muy orgullosos que nos sintamos de ellos, y su inteligencia permitirá que se encuentren nuevos modelos inteligentes de servicios de apoyo durante su vida, que probablemente denominarán **mantenimiento inteligente o mantenimiento 4.0**.

En el universo ciberfísico, las cosas existen en el mundo virtual antes que en el mundo real. Los modelos en tres dimensiones creados en el ordenador anteceden a la realidad material:

- Primero el polín virtual, después el polín real.
- Primero el tubo virtual, después el tubo material.
- Primero el cuadro eléctrico virtual, después el real.
- Primero el módulo virtual, después el real.
- Primero un bloque virtual, y después el real.
- Y, en conjunto, primero el buque virtual y después el buque real.

Y la clave será que, finalmente, ambos mundos, el virtual y el real, convivirán y colaborarán, dando lugar a una realidad híbrida, con características como la que ya se llama realidad aumentada. Otra nueva expresión.

El mundo virtual es, en gran medida, el mundo del diseño, una parte esencial de la ingeniería, junto a la ingeniería de producción.