

# Proyectos aplicados a la industria y su documentación ♦

Rafael Colás\*

## Resumen

*La vinculación entre academia e industria ha sido desde hace más de doce años una labor ardua y continua por parte del Doctorado en Ingeniería de Materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Estos esfuerzos han sido retribuidos con la incorporación de estudiantes graduados en funciones de investigación y desarrollo en diversas industrias y con las ocasiones en que los proyectos y trabajos conjuntos han obtenido el Reconocimiento al Mérito en el Desarrollo Tecnológico Tecnos. En este trabajo se describen las labores realizadas en este tenor, así como la forma en que éstas han sido documentadas*



## INTRODUCCIÓN

El Doctorado en Ingeniería de Materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León se creó hace más de una década como respuesta a la demanda de la industria local de tener un grupo académico que apoyara los proyectos y propuestas de desarrollo tecnológico que se contemplaban ante la apertura comercial del país, al tiempo que formara recursos humanos de alto nivel con la

♦ Ponencia presentada en la conferencia "La Documentación Tecnológica: herramienta estratégica para el desarrollo de ventajas competitivas". Tecnos '99, Monterrey, mayo 7 de 1999.

capacidad y creatividad requeridas para el cumplimiento de estas funciones.

Entre los objetivos primordiales del Programa Doctoral se ha tenido el de la vinculación entre academia y empresa. El enfoque que se ha dado no ha sido el tradicional, en el que se limita la participación a la solución de problemas de corto plazo, o a la impartición de cursos de capacitación y actualización. Se ha buscado desde un inicio la trascendencia en el ámbito industrial mediante el establecimiento de proyectos conjuntos de investigación, en los que participan tanto profesores del Programa como estudiantes de posgrado y licenciatura. La industria se ha visto beneficiada no sólo con la solución de los problemas solicitados, sino con la incorporación de los estudiantes a la planta industrial, una vez que estos se han graduado, lo que enriquece la base tecnológica de las empresas.

Este tipo de colaboración se ha visto recompensada a través del Reconocimiento al Mérito en el Desarrollo Tecnológico Tecnos, galardón que le ha sido otorgado a diversos proyectos y publicaciones generados entre investigadores del Programa Doctoral y empresas de la localidad. El objetivo de este trabajo es el de resumir las metodologías empleadas y actividades realizadas en los proyectos, así como describir la forma en que estos fueron documentados.

## PROYECTOS Y PUBLICACIONES GALARDONADAS

Las labores y funciones de investigación de los profesores y estudiantes asociados con el Programa Doctoral que han sido galardonadas con el Reconocimiento al Mérito en el Desarrollo Tecnológico Tecnos, son múltiples, entre ellas se encuentran:

\* Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León, A.P. 149-F, 66451 Cd. Universitaria, N.L.

- Proyecto Tecnológico '*Cédulas de flexión en molino para optimizar planicidad*'. Categoría Institución-Empresa Grande 1994.
- Proyecto Tecnológico '*Simulación del vaciado en molde semipermanente de piezas de aluminio*'. Categoría Institución-Empresa Grande 1996.
- Publicación Tecnológica '*Modelación de la fatiga térmica de una aleación de aluminio*'. Categoría Institución-Empresa Grande 1996.
- Proyecto Tecnológico '*Investigación conjunta para mejorar las características de láminas de acero*'. Categoría Institución-Empresa Mediana 1998.
- Publicación Tecnológica '*Mejora en el formado de codos sin costura a través del análisis de su perfil de calentamiento*'. Categoría Institución-Empresa Mediana 1998.
- Publicación Tecnológica '*Modelación matemática de la laminación en caliente de cinta de acero*'. Categoría Institución 1998.

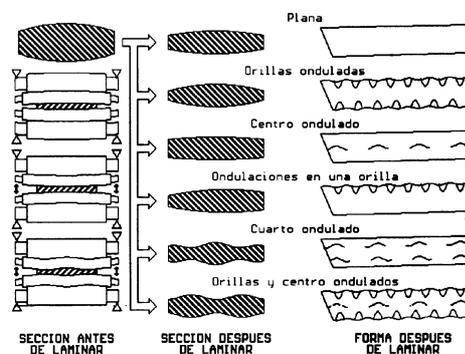
**Cédulas de flexión en molino para optimizar planicidad**

Este proyecto se realizó en una empresa local líder en el campo de la siderurgia. El objetivo fue el de obtener los niveles de presión a ser aplicadas por el sistema de flexión de rodillos instalado en un tren continuo de seis castillos destinado a la fabricación de cinta de acero de bajo carbono. El proyecto se inscribió dentro del programa de posgrado como una Tesis de Maestría.<sup>1</sup>

El problema de planeza se asocia con la presencia de ondulaciones a lo largo de la cinta, éstas se pueden presentar al centro, orillas o en alguna otra posición. El origen de dichas ondas se encuentra en la incompatibilidad entre las

secciones de entrada y salida de la cinta en un dado pase o reducción. En la Fig. 1 se indican, en forma esquemática, los posibles tipos de ondulaciones que pueden ser encontrados en función de los diversos tipos de sección transversal que se presenten.

El proyecto involucró la calibración y ajuste de un



**Fig. 1.** Forma de la lámina en función de la geometría de sus secciones antes y después del pase.

modelo computacional diseñado para calcular la distorsión que sufre el entrehierro en una estación o castillo de laminación en base a diversos parámetros y condiciones de proceso.<sup>2,3</sup> El trabajo en planta involucró el diseño de pruebas críticas, dada la dificultad y costo involucrado en su ejecución, para ajustar el modelo. Este, una vez calibrado, se ejecutó repetidamente para elaborar una base de datos, en la que se documentó la variación del perfil de la cinta en función de diversos parámetros de proceso con la cual se obtuvieron una serie de relaciones estadísticas<sup>4</sup> que fueron implantadas en el sistema de control del molino.

**Simulación del vaciado en molde semipermanente de piezas de aluminio**

Este proyecto de investigación se llevó a cabo en conjunto con una empresa líder en el campo de la fundición de piezas de aluminio destinadas al sector automotriz. El objetivo principal de este proyecto fue el

de determinar las condiciones de vaciado que afectan los parámetros requeridos para poder simular el proceso en forma exitosa. Posteriormente, este proyecto derivó hacia la necesidad de profundizar en el conocimiento básico del proceso de solidificación y la interacción entre las variables que intervienen en él. Las actividades principales realizadas como parte de este proyecto se encuentran ampliamente documentadas en diferentes Tesis de Maestría y Doctorado<sup>5-7</sup>.

En la Fig. 2 se muestra la evolución térmica registrada durante la ejecución de una serie de pruebas de solidificación de la aleación de aluminio. Las pruebas consistieron en el vaciado de lingotes de aluminio sobre una placa de acero instrumentada mediante la inserción de termopares en su centro y en sus superficies. La placa se protegió de la aleación mediante el recubrimiento con pinturas a base de grafito o de mica. La superficie inferior de la placa se dejó enfriar al aire o con agua.

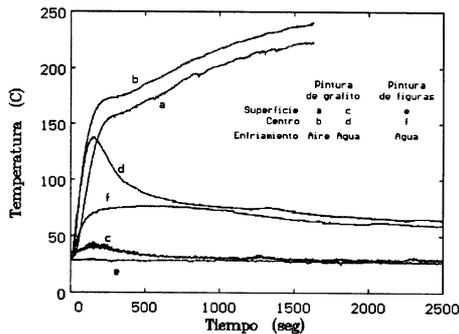


Fig. 2. Evolución térmica registrada durante la ejecución de una serie de pruebas de solidificación.

La información mostrada en la Fig. 2 se empleó para determinar los coeficientes de transferencia de calor que se presentan como resultado de la cinética de solidificación y del tipo de recubrimiento y enfriamiento usados. Esto se

logró mediante la elaboración de un modelo que calcula la conducción de calor a través de la placa de acero.<sup>8</sup> Los coeficientes que reprodujeron en mejor medida las mediciones se muestran en la Fig. 3.

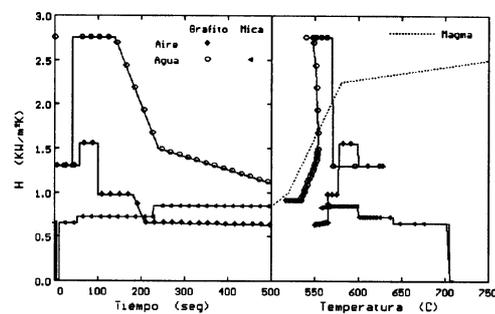


Fig. 3. Coeficientes de transferencia de calor encontrados. Se incluyen los valores recomendados en la Ref. [9].

### Modelación de la fatiga térmica de una aleación de aluminio

La publicación<sup>10</sup> referente al trabajo de modelación de fatiga térmica en una aleación de aluminio se generó a partir del proyecto descrito en la sección anterior. El objetivo fue determinar la magnitud del daño a que está sujeta una pieza cuando se somete al ciclaje desde la temperatura ambiente hasta los 300°C, temperatura a la que permanece la pieza por un par de minutos. El dispositivo experimental que se empleó como base de la modelación mantiene fija las dimensiones de la pieza, de tal forma que cuando ésta se calienta y se dilata queda sujeta a esfuerzos compresivos. Si el material llega a sobrepasar el límite elástico, que depende de la temperatura, cambiará de forma y al enfriarse, quedará sujeto a esfuerzos tensiles.

Por esta razón, fue necesario generar un modelo con el que se obtuviera la dependencia de las ecuaciones constitutivas con la temperatura para la aleación de interés, Fig. 4.

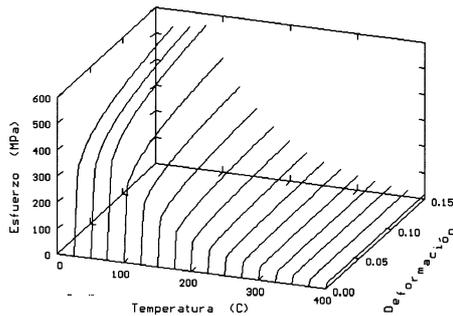


Fig. 4. Curvas constitutivas de la aleación de aluminio sometida a la fatiga térmica en función de la temperatura.

La deformación en la pieza, Fig. 5, se calculó con un programa computacional de diferencias finitas, método explícito, que determina el gradiente térmico en base a la conductividad del material y el ciclaje térmico impuesto a la pieza. La vida útil de la pieza se evalúa a partir de la máxima deformación tensil que llega a ser alcanzada en la pieza como resultado del ciclo térmico.

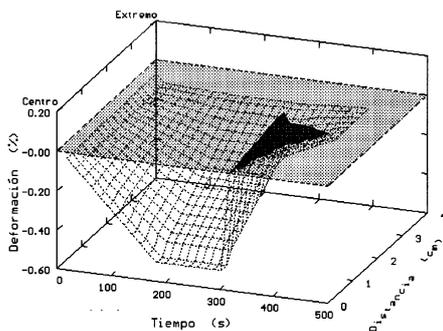


Fig. 5. Gradientes de deformación calculados en la pieza sometida a un ciclo de fatiga térmica.

### Investigación conjunta para mejorar las características de láminas de acero

El proyecto se llevó a cabo con una empresa de la localidad especializada en la laminación en frío y galvanizado electrolítico de cinta estrecha de

acero. Los objetivos que se plantearon fueron los de determinar la ruta óptima para la producción de cinta de acero de bajo carbono de bajas pérdidas magnéticas y la optimización del espesor obtenido por galvanizado electrolítico. Los resultados encontrados son alentadores puesto que se considera que el mercado de acero es maduro, por lo que el posicionamiento en el mismo se logra por medio de reducciones en el precio o por la mejora en la calidad de sectores de alta contribución marginal.

Uno de estos últimos lo constituye el de los aceros destinados a la fabricación de las armaduras de los motores eléctricos con potencias menores a un caballo de fuerza. Este tipo de máquinas son empleadas en todo tipo de aparatos electrodomésticos y transformadores de baja potencia (como los usados en balastras, radios y computadoras), lo que les significa un sector de alto consumo y crecimiento.

El procesamiento de estos materiales es especialmente crítico, dado que las propiedades finales dependen tanto de la composición química inicial del acero y de la distribución de inclusiones exógenas que pudieran ser introducidas durante el proceso de aceración, como en el proceso subsiguiente de laminación en caliente y en frío. A este tipo de materiales se les imparten dos reducciones en frío seguidas por sus correspondientes recocidos. La primera reducción se emplea para obtener las dimensiones solicitadas por el cliente, en tanto que la segunda tiene como objetivo obtener un tamaño de grano basto que reduce fuertemente las pérdidas magnéticas.<sup>11-13</sup>

Cuando el procesamiento aplicado en la práctica es el correcto, es factible asegurar las propiedades que el cliente solicita, tal y como se muestra en la Fig. 6, donde se grafican los niveles de pérdidas magnéticas registradas en una serie de muestras de acero procesadas siguiendo la ruta propuesta (en dicha figura aparece sombreada la región con las propiedades solicitadas).

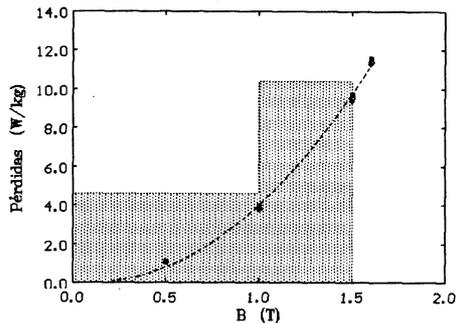


Fig. 6. Pérdidas magnéticas registradas en varias muestras procesadas siguiendo la ruta propuesta.

**Mejora en el formado de codos sin costura a través del análisis de su perfil de calentamiento**

El artículo técnico<sup>14</sup> describe el proceso de trabajado en caliente empleado en la fabricación de codos sin costura utilizados como uniones soldables en tuberías de alta presión. Entre las diferentes variables que intervienen en el proceso de fabricación de estos codos, la más importante es la temperatura, ya que la evolución de ésta determina el tipo de microestructura, así como los cambios que ésta sufrirá. El proceso parte de preformas cortadas de tubos sin costura de aceros de bajo y medio carbono. Las partes a deformar se montan sobre un mandril y se introducen a un horno, en el que la temperatura se mantiene por encima de los 1000 °C, lo que se logra por medio de una serie de quemadores de gas natural, debido a esto, la atmósfera resulta ser altamente oxidante, por lo que el tiempo de permanencia de las piezas dentro del horno se reduce al mínimo.

En la Fig. 7 se registra la evolución térmica registrada en la superficie de una preforma destinada a la fabricación de codos de 406 mm. En este caso se emplearon seis termopares tipo K (cuatro de ellos al inicio de la preforma y los restantes al final) conectados a un sistema de

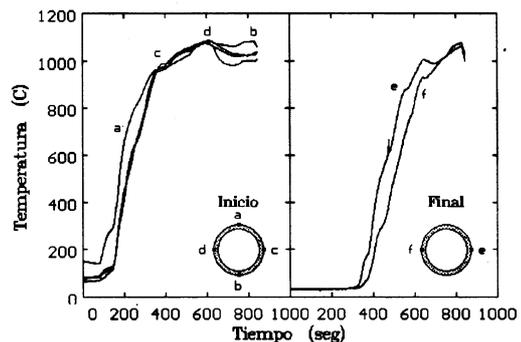


Fig. 7. Evolución térmica registrada durante la fabricación de un codo de 406 mm.

captura de temperatura controlado por computadora, en dicha figura se puede apreciar tanto la variabilidad en temperatura, lo que resulta del calentamiento directo de los quemadores, como la diferencia en el tiempo de permanencia a temperaturas superiores a los 1000 °C, lo que implica la heterogeneidad en la microestructura y, por ende, la de las propiedades en la pieza y la variabilidad en el espesor de pared de la pieza formada.

Una vez detectado este tipo de efectos se decidió modificar el patrón de calentamiento del horno, lo que se logró al modificar su configuración y ajustar la combinación de los quemadores. Como resultado de estas acciones se obtuvo el patrón de calentamiento

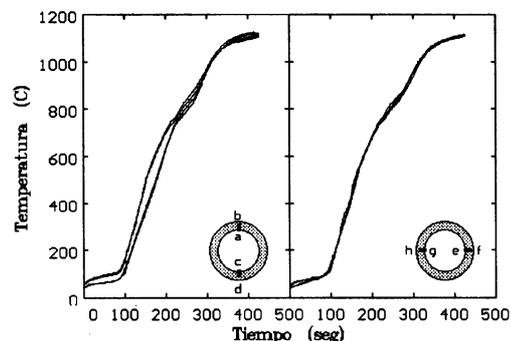
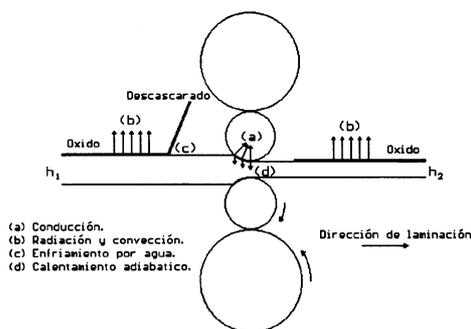


Fig. 8. Evolución térmica registrada durante la fabricación de codos de 254 mm.

registrado durante el formado de codos de 254 mm, que, como se puede apreciar en la Fig. 8, es más homogéneo y corto, lo que permite obtener un producto de mayor uniformidad en espesor en menor tiempo.

**Modelación matemática de la laminación en caliente de cinta de acero**

El artículo<sup>15</sup> que describe la modelación matemática del proceso de laminación de cinta de acero describe las actividades relacionadas con la elaboración de las relaciones matemáticas, toma de datos y verificación de resultados del proceso de producción en caliente de lámina de acero de bajo carbono que se dispone en una empresa de la localidad. El modelo toma en cuenta los diferentes fenómenos de transferencia de calor que se ejemplifican en la Fig. 9. Se considera que la cinta pierde calor hacia el medio ambiente por radiación y convección, por conducción a los rodillos y otros elementos de trabajo y por ebullición y convección forzada al entrar en contacto con el agua de los dispositivos removedores de la costra de óxido o para el enfriamiento acelerado. Se supone que estos mecanismos se llevan a cabo a través de una

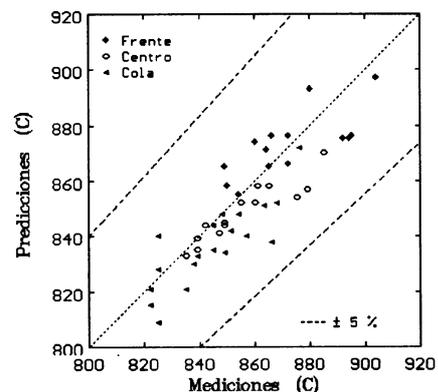


**Fig. 9.** Fenómenos de transferencia de calor que toman lugar durante el proceso de laminación en caliente.

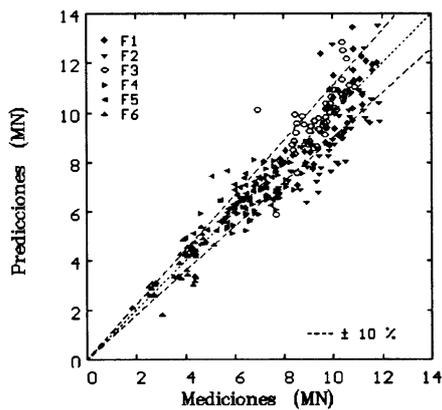
capa de óxido que crece cuando el material está al aire y disminuye su espesor al ser la cinta laminada. El modelo también considera que la mayor parte de la energía empleada en la deformación del acero se convierte en calor.

La solución del problema de transferencia de calor requirió de la elaboración de un modelo basado en el método explícito de diferencias finitas. Se supuso que los fenómenos a la frontera que intervienen en la cara superior son iguales a los que se presentan en la inferior, lo mismo que para las caras laterales, con lo que el modelo se redujo a la conducción de calor en una cuarta parte de la sección transversal. El modelo también requirió de la elaboración de los algoritmos que predijeran el crecimiento de la capa de óxido, la respuesta mecánica del acero a la reducción impuesta durante la laminación y al comportamiento microestructural del acero entre y durante los pases.

El modelo se basó en un tren continuo de seis castillos, instrumentado con pirómetros en sus lados de entrada y salida y con celdas de carga en cada uno de las seis estaciones reductoras. Este equipo se empleó para calibrar y validar las suposiciones empleadas en las diferentes porciones del modelo. En las Figs. 10 y 11 se



**Fig. 10.** Correlación entre las temperaturas predichas y las registradas.



**Fig. 11.** Correlación entre las fuerzas de separación predichas y las registradas.

muestran, respectivamente, las correlaciones encontradas en las temperaturas de salida de láminas de diversos espesores y anchos (se grafican los valores registrados en las porciones frontal, central y final de las láminas) y las fuerzas de separación o laminación registradas en cada uno de los seis castillos (en este caso sólo se ilustran los valores al centro de la cinta).

## DOCUMENTACIÓN

A lo largo de este trabajo se ha hecho mención a la presentación de los resultados en una forma permanente, para que estos sean consultados en un futuro. Se han mencionado tesis de postgrado e informes y artículos técnicos, sin embargo, en este lugar conviene describir la forma en que se elaboran estos documentos.

### Informes técnicos

El informe técnico está constituido por la documentación entregada o presentada como resultado de la ejecución de un proyecto de investigación. El formato que se debe de emplear

para suministrar la información depende del sector al que se entregue. Si se trata de un trabajo académico el informe puede seguir los lineamientos a describir en las secciones siguientes, en cambio, si se trata de los resultados a entregar a una empresa es conveniente que el documento contenga la siguiente estructura:

- Objetivo.
- Resumen ejecutivo.
- Actividades realizadas.
- Memoria de cálculo o de trabajo.
- Actividades a llevar a cabo.
- Programa de trabajo.
- Referencias.
- Anexos.

El objetivo debe de contener en forma sucinta el fin buscado en el trabajo, puede contener las metas intermedias a conseguir y pretende despertar el interés para la lectura y análisis del documento. El resumen ejecutivo es muchas veces la única porción del documento que llega a ser revisado por el personal administrativo de la empresa y es, por esta razón, la parte fundamental del trabajo. Este resumen debe describir en forma concisa y detallada las actividades realizadas y sus logros alcanzados, así como conclusiones del estudio y las actividades a ejecutar en un futuro próximo.

La descripción de las actividades realizadas y la memoria de cálculo o de trabajo constituyen el cuerpo principal del informe. En este punto conviene no pasar por alto ningún detalle que pudiera ser relevante para el trabajo. Es conveniente presentar los resultados en forma gráfica más que con tablas (debe considerarse que el personal que solicitó la ejecución del trabajo no tendrá el tiempo de graficar o analizar la información presentada en forma tabular). Se debe contemplar la posibilidad de que los datos numéricos, las deducciones largas y complejas y los programas de cómputo elaborados se presenten en anexos al fin del informe para no dificultar

la lectura del mismo. Al final del cuerpo del informe se debe incluir un listado con las actividades a realizar durante el siguiente periodo de trabajo.

El programa de trabajo constituye una forma rápida de revisión del grado de avance y cumplimiento con respecto a lo propuesto. El programa se puede llevar por medio de gráficas de avance, diagramas de barras o cualquier otra técnica que permita poner en evidencia el desempeño del grupo de trabajo.

### Tesis de grado

La tesis constituye por sí el documento comprobatorio de la seriedad con la que un alumno llevó a cabo sus estudios. El grado de complejidad del trabajo y de la responsabilidad del estudiante debe depender del nivel de estudio, sin embargo, esto no debe ser razón para juzgar como de menor calidad a una Tesis de Licenciatura al compararse con una de Maestría o Doctorado.

Es común que el tesista forme parte de un grupo de investigación y que se le asigne un trabajo que ya ha sido iniciado por alguien anteriormente. En estos casos es práctica corriente que al nuevo miembro del grupo se le recomiende leer una o varias tesis realizadas con antelación a su incorporación y es aquí donde se centra el valor de estos documentos, puesto que ellos deben de contener toda la información como para que el nuevo miembro del grupo de investigación continúe con el trabajo, una vez que haya leído y analizado las tesis anteriores.

La estructuración de la tesis sigue la de un libro, en el que su contenido está dividido en capítulos, cada uno tratando de temas diferentes, pero unidos entre sí. La división recomendada para este tipo de documento puede ser la siguiente:

- Resumen.
- Introducción.
- Revisión del estado del arte.
- Planteamiento del trabajo o del desarrollo experimental.
- Presentación de resultados y su discusión y análisis.
- Conclusiones y recomendaciones para trabajos futuros.
- Referencias.
- Anexos.

El resumen debe contener en forma concisa una descripción detallada del trabajo llevado a cabo, se debe incluir una pequeña introducción referente al marco de uso y aplicación del conocimiento, el o los objetivos buscados, la metodología de estudio y los principales resultados y conclusiones a que se llegó.

La justificación del trabajo, tanto científica, como técnica o económica debe ser descrita en la introducción, se debe resaltar la falta de conocimiento en un área determinada y, como respuesta a tal, se presenta la tesis. La introducción también puede contener una breve descripción de los temas a ser tratados en los siguientes capítulos.

La revisión del estado de arte puede ser dividida en uno o más capítulos, según la temática a tratar. La revisión bibliográfica no debe limitarse a una cita continua y cronológica de trabajos anteriores, sino que es deseable hacer una discusión y relación crítica del conocimiento, tratando de concertar los diferentes resultados u opiniones de diversos autores. Se recomienda que el autor de la tesis ponga en evidencia el vacío en el conocimiento, mencionado en el párrafo anterior, mismo que se cubrirá, o al menos se intentará hacerlo, con los resultados de la investigación encomendada. Es buena práctica incluir una sección con las conclusiones a que se lleguen al final de cada capítulo. El conocimiento previo debe ser reconocido y citado como referencias.

Las actividades realizadas por el escritor de la tesis se pueden presentar en uno o más capítulos, en ellos se debe describir en forma amplia las hipótesis planteadas para resolver el problema de investigación y la metodología seguida. El trabajo realizado puede ser del tipo experimental, teórico o computacional, por lo que la forma en que se describan las actividades dependerá fuertemente de la orientación de la investigación, sin embargo, como cada una de ellas tiene una metodología propia, ésta debe ser presentada y descrita en forma amplia para dar la posibilidad a que los resultados sean comparados por otros autores.

Puede ser que el desarrollo de una técnica experimental o un algoritmo de cómputo sea tedioso y requiera ser separado del cuerpo principal del documento para pasar a descrito en un anexo o apéndice. Es también recomendable se presenten en anexos los programas de cómputo que se hayan tenido que realizar.

Los resultados encontrados pueden ser una serie de observaciones relativas al comportamiento de una o más variables al ser manipuladas en forma sistemática o bien pueden ser los datos numéricos que arroje un programa de cómputo. En algunos casos es recomendable que los resultados y su análisis y discusión se presenten en conjunto en un sólo capítulo, sin embargo, conforme se incrementa el grado de profundidad y conocimiento en un área, se recomienda que se separen los resultados de su discusión y análisis. Es también recomendable que cuando los resultados de la experimentación sean muy numerosos, éstos se presenten en anexos a la tesis.

La discusión de los resultados no sólo implica su descripción y racionalización en término de la variación sistemática de los experimentos o modelos, sino su comparación con el estado del arte anterior. Esto es importante no sólo cuando

hay disparidad de opiniones, sino cuando se investiga la frontera y se busca expandir el conocimiento. Es importante y muchas veces olvidado que cuando se propone una nueva técnica de análisis, se deben realizar comparaciones con las técnicas tradicionales en condiciones equivalentes, de otra forma el proponer algo nuevo y revolucionario puede pasar por charlatanería.

Las conclusiones están constituidas por los resultados más trascendentes e importantes del trabajo. No se debe incluir ninguna información que no se haya tratado con anterioridad en algún capítulo anterior del documento. En un párrafo anterior se hizo mención de la práctica común de que los estudiantes se incorporen a grupos de investigación y que se les asigne alguna labor particular. Es también común que a medida que aparecen nuevos resultados, se descubren nuevas incógnitas que no son cubiertas en el esquema de una sola tesis, de ahí que se recomiende presentar un listado de las acciones que sería conveniente realizar en un futuro.

### **Publicación técnica**

La publicación técnica puede tratarse de un artículo publicado en extenso en las memorias de algún tipo de evento como son congresos, convenciones o simposia, o puede tratarse de un trabajo publicado en alguna revista especializada. Normalmente los editores o responsables de la publicación establecen los lineamientos que deben contemplarse al someter un manuscrito y pueden cambiar de revista a revista o de evento a evento.

En general se recomienda que el artículo siga el siguiente formato:

- Resumen.
- Palabras clave.
- Introducción o antecedentes.
- Procedimiento experimental o de cómputo.
- Presentación de resultados y su discusión y análisis.

- Conclusiones.
- Referencias.

Se puede apreciar que este lineamiento es parecido al descrito en la sección anterior y, por lo regular, la fuente de un artículo técnico es el trabajo realizado para la elaboración de una tesis. Sin embargo, se debe tener en cuenta que cuando se escribe un artículo se está elaborando un documento con características individuales propias, no con una mera transcripción del trabajo anterior.

El resumen debe contener la información mínima que describa el trabajo, puede contener alguna referencia a los antecedentes y a la metodología empleada en la solución del problema a tratar, así como las principales conclusiones a que se arribó al término de la investigación. Las palabras claves pueden no ser requeridas o necesarias en todos los casos, pero éstas son críticas en revistas indexadas, puesto que se usan para clasificar al trabajo en los bancos de información en que está inscrita la publicación.

La sección introductoria o de antecedentes puede ser tan concisa o tan extensa como el autor del trabajo considere correcto. Es necesario dejar claro cual es el marco de referencia del trabajo a ser presentado a lo largo de las siguientes secciones y contener la información y conocimientos que serán utilizados al analizar y racionalizar los resultados de la investigación. Se recomienda que en el último párrafo de esta sección se presente el objetivo del artículo.

El cuerpo del artículo lo forman la descripción de la metodología de estudio, la presentación de los resultados y su análisis y discusión, así como las conclusiones del trabajo y debe seguir los mismos lineamientos descritos en la sección anterior.

### **Sobre las Referencias**

Las referencias constituyen la forma aceptada de dar crédito o reconocimiento a trabajos previos, leídos y empleados por los autores de los diferentes tipos de documento. La información a contener una referencia es la mínima indispensable para que pueda ser encontrada por alguien que consulta un documento y se interesa por el trabajo previo en que se basó el autor.

Existen varias formas de escribir las referencias, algunas más completas que otras, el que suscribe el presente utiliza la siguiente:

- Artículo en revista: Nombre de autores, nombre abreviado de la revista, volumen (subrayado), número de la primera página del artículo y año (en paréntesis) de la publicación.
- Artículo en congreso: Nombre de autores, nombre abreviado del congreso o evento, nombre de los editores y de la editorial, año de la publicación y número de la primera página del artículo.
- Libro: Nombre de los autores, título del libro, editorial, ciudad y año en que fue publicado.
- Tesis: Nombre del autor, título de la tesis, institución que otorgó el grado y fecha en que se sometió el documento.
- Informes técnicos: Nombre de los autores, título del informe, institución a que están afiliados los autores y fecha en que se publicó.
- Comunicación personal: Nombre y año en que se le comunicó al autor del documento alguna información de tipo personal.

### **COMENTARIOS FINALES**

En este trabajo se han descrito una serie de actividades realizadas en colaboración entre una universidad pública y una serie de industrias de diversos tamaños. En estas labores se ha mantenido una relación

en que las empresas participantes han ganado en conocimiento, experiencia o en la solución de problemas que los afectaban, a la vez que a los participantes por parte de la academia se les ha retribuido en su trabajo y se ha permitido la publicación de resultados en foros y revistas nacionales e internacionales.

#### AGRADECIMIENTOS

El autor del presente trabajo agradece las facilidades otorgadas por parte de las empresas que han apoyado tanto los trabajos descritos, así como aquellos otros que se encuentran en ejecución. Las actividades resumidas no hubieran sido realizadas sin la participación de los estudiantes involucrados, quienes son los principales impulsores de estas labores.

#### REFERENCIAS

1. Patricia del Carmen Zambrano Robledo, *Planeza de cinta de acero laminada en caliente*. Maestría en Ingeniería Mecánica con Especialidad en Materiales, FIME-UANL, marzo 1996.
2. R. Colás, *Steel Techn. Int.* 1993, 5 (1993), 191.
3. P. del C. Zambrano y R. Colás, *Modelling of Metal Rolling Processes*, The Institute of Materials, Londres, 1993, 502.
4. P.C. Zambrano, R. Colás y L.A. Leduc, *Control of Profile and Flatness*, Institute of Materials, Londres, 1996, 143.
5. Jesús Talamantes Silva, *Modelación de la transferencia de calor en una aleación Al-Si tipo 319*. Maestría en Ingeniería Mecánica con Especialidad en Materiales, FIME-UANL, septiembre 1996.
6. Sigifredo Cano Rodríguez, *Análisis térmico y microestructural de una aleación Al-Si tipo 319*. Maestría en Ingeniería Mecánica con Especialidad en Materiales, FIME-UANL, noviembre 1996.
7. Eulogio Velasco Santes, *Estudios microestructurales de una aleación Al-Si tipo A319*. Doctorado en Ingeniería de Materiales, FIME-UANL, marzo 1997.
8. E. Velasco, J. Talamantes, R. Colás, S. Cano, S. Valtierra y J.F. Mojica, 1<sup>st</sup> Int. Non-Ferrous Proces. and Techn. Conf., T. Bains y D.S. MacKenzie (eds.), ASM Intl., 1997, 203.
9. *MagmaSoft User's Guide*, Magma Foundry Technologies, Inc., Arlington Heights, IL.
10. E. Velasco, R. Colás, S. Valtierra y J.F. Mojica, *Int. J. Fatigue*, 17 (1995), 399.
11. F.E. Werner y R.I. Jaffee, *J. Mat. Eng. Performance*, 1, 227 (1992).
12. H. Matsuoka y O. Honjo, *Soft and Hard Magnetic Materials With Applications*, J.A. Salsgiver, K.S.V.L. Narasimhan, P.K. Rastogi, H.R. Sheppard y C.M. Maucione (eds.), ASM, Metals Park, 1986, 159.
13. R.P. Dunkle y R.H. Goodenow, *Soft and Hard Magnetic Materials With Applications*, J.A. Salsgiver, K.S.V.L. Narasimhan, P.K. Rastogi, H.R. Sheppard y C.M. Maucione (eds.), ASM, Metals Park, 1986, 41.
14. A. Rodríguez, M. Mezzetti, R. Colás, G. Olvera y P. Fodor, *Industrial Heating*, 65 (abril 1998), 51.
15. R. Colás, *Mat. Sc. Techn.*, 14, (1998), 388.