

prensa en juegos de tres para realizar el montaje en baquelita transparente y agilizar el proceso de preparación.

3.3.4. Desbaste y pulido de muestras.

Una vez encapsuladas las muestras fueron desbastadas en el equipo adecuado, de acuerdo a lo estipulado en la norma ASTM E 7, desde la lija de 180 hasta 1200, girando las muestras en cada paso y lubricando con agua.

El pulido de una muestra metalográfica tiene como objeto eliminar de la superficie de la probeta las rayas finas producidas por la última operación del desbaste y conseguir una superficie sin rayas y de alta reflexión.

El pulido se efectúa en paño impregnado con pasta de diamante de $1\mu\text{m}$ girando a bajas revoluciones y lubricando con alcohol etílico. Se limpian y lavan cuidadosamente con agua e impregnarlas con alcohol y secarlas con aire caliente.

Una vez obtenida la superficie uniforme y libre de rayas se procede a:

3.4. ATAQUE DE LAS PROBETAS PARA SU EXAMEN.

3.4.1. Introducción.

El examen microscópico de una probeta no atacada revela pocos o ningún detalle estructural, sin embargo es de gran interés porque permite observar detalles que son visibles antes del ataque, como ocurre con los defectos superficiales, inclusiones no metálicas y porosidades.

Como el objeto de la mayoría de las investigaciones metalográficas es determinar las características estructurales verdaderas de la probeta, es necesario que los diferentes constituyentes estructurales sean delineados con precisión y claridad. Esto solo se logra sometiendo a la probeta a la acción química de un reactivo apropiado en condiciones cuidadosamente controladas.

En las aleaciones como la que nos ocupa, compuesta por varias fases, los diferentes constituyentes se hacen de manifiesto por ataque diferencial o por el manchado de uno o varios de los constituyentes. Esto es una consecuencia de las diferencias de composición química que traen consigo diferencias en la rapidez de disolución.

3.4.2. Reactivos de ataque.

En general, los reactivos adecuados para el ataque metalográfico se componen de ácidos orgánicos o inorgánicos y álcalis de varias clases. Las sustancias más complejas se disuelven en agua, alcohol, glicerina, glicol o mezclas de varios disolventes.

Para que el ataque de la aleación sea perfecto y muestre claramente los detalles estructurales deseados, se requiere que la composición del reactivo empleado responda exactamente a la composición de la probeta y las distintas fases que la constituyen.

Para nuestra aleación y estudio fue necesario probar varios reactivos y lograr revelar claramente el constituyente químico CuAl_2 . en la tabla 13 se enlistan los reactivos probados.

De estos el que mostró con claridad la fase θ (Cu Al_2) fue el reactivo 18, que es compuesto de 10 % de hidróxido de sodio en solución acuosa, colocando la muestra por 5 segundos en la solución a 70° C.

Tabla 13

Reactivos usados para el examen Metalográfico.

Reactivos Químicos para la fase θ CuAl_2 en aluminio		
Reactivo	Procedimiento	Resalta
HF al 5 %	Sumerja por 15 seg., enjuague con agua.	Delimita la fase de manera brillante y clara.
NaOH 1 %	Sumerja por 10 seg., enjuague con agua.	Delimita la fase de manera brillante y clara.
H_2SO_4 20 %	Sumerja por 30 seg.,	Colorea todas las fases en la aleación, la teta la resalta brillante.
Beraha 26 ⁽²⁴⁾	Sumerja por 30 seg., enjuague con agua.	Colorea todas las fases en la aleación, la teta la resalta brillante.
Reactivo 32 ⁽²⁴⁾	Sumerja por 5 seg., a 70°C enjuague con agua.	Colorea de café las fases CuAl_2 , y la Mg Si, de color café y delinea la de Al-Cu-Fe-Mn.

Después de experimentar con los reactivos anteriores y otros, encontramos que el mas indicado para nuestra identificación de la fase θ , era el indicado en el libro para metalografía en color de Berahas, el numero 18, el cual se recomendó a 70° C de temperatura y durante 5 seg., pero observamos que requería de 20 seg., para revelar en tono café oscuro la fase θ (CuAl_2) y

despreciando la fase que también delimita que es la del Mg_2Si , se analizaron todas y cada una de las muestras vía microscopía óptica convencional.

3.5.- Caracterización microestructural de la aleación.

3.5.1.- Microscopía óptica

Para la caracterización de esta aleación vía microscopía óptica las muestras fueron preparadas según las técnicas metalográficas clásicas.

Mediante el análisis de las muestras en condición de pulido y sin ataque, es posible ver detalles tales como grietas, poros, inclusiones y algunas fases intermetálicas. El ataque posterior revela más claramente los precipitados.

La fase primaria (matriz), en la aleación Al- Si, tipo A 319 es el aluminio- α , la microestructura de esta aleación esta formada por brazos dendríticos de una fase matriz de aluminio - α , limitados por el eutéctico Al – Si. Existen también precipitados en forma de agujas formados por el Al_5FeSi . Otros precipitados son las fases de Al_2Cu de forma irregular y el $Al_{15}(Mn,Fe)_3Si_2$ en forma de escritura china.

3.5.2. Microscopia Electrónica de Barrido.

La microscopia electrónica de barrido se utilizó para confirmar lo observado en la microscopía óptica convencional y poder así emitir un resultado, mediante esta técnica se evaluaron al azar una muestra de cada grupo, fueron la 40, 51 y la 15, con la finalidad de identificar cuantitativamente las fases presentes.

CAPITULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Análisis Metalográfico.

Todas y cada una de las probetas analizadas fueron atacadas químicamente para lograr la coloración de la fase para luego ser sometidas a evaluación metalográfica. Con la evaluación, se detectaron además del interdendrítico de AlSi, partículas de NiAl_2 , CuAl_2 , FeAl_2 , AlFeMn y CuZnAl. Así como porosidad y micro-rechupes.

De lo anterior se obtienen los datos metalográficos que se presentan en las tablas 14, 15 y 16 representativamente se tomaron tres de las setenta y dos muestras analizadas de las cuales se muestran las fotografías 3, 4, 5 y 6.

Tabla 14

Se presenta el resultado de la evaluación metalográfica del grupo 1 de muestras.

1	Presenta trazas de porosidad con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu , en zonas de micro segregación.
3	Presenta trazas de porosidad con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu , en zonas de micro segregación.
5	Presenta trazas de porosidad con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu , en zonas de micro segregación.
2	Presenta trazas de porosidad con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu .
4	Presenta trazas de porosidad con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu .
6	Presenta trazas de porosidad con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu .
7	Presenta trazas de porosidad con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu .
9	Presenta trazas de porosidad con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu .
11	Presenta trazas de porosidad e incipiente modificación con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu , en zonas de micro segregación.
8	Presenta porosidad, y presencia de acicularidad del interdendrítico de AlSi, trazas no cuantificables de Al_2Cu .

Tabla 14. (continuación)

12	Presenta porosidad, y presencia de acicularidad del interdendrítico de AlSi, trazas no cuantificables de Al ₂ Cu.
10	Presenta porosidad, y presencia de acicularidad del interdendrítico de AlSi, trazas no cuantificables de Al ₂ Cu.
13	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al ₂ Cu, en zonas de micro segregación.
15	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al ₂ Cu, en zonas de micro segregación.
17	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al ₂ Cu, en zonas de micro segregación.
14	Presenta trazas de porosidad, trazas no cuantificables de Al ₂ Cu.
16	Presenta porosidad, y trazas no cuantificables de Al ₂ Cu.
18	Presenta trazas de porosidad, trazas no cuantificables de Al ₂ Cu.
19	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, trazas no cuantificables de Al ₂ Cu.
21	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, trazas no cuantificables de Al ₂ Cu.
23	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, trazas no cuantificables de Al ₂ Cu.
20	Presenta trazas de porosidad y del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al ₂ Cu.
22	Presenta trazas de porosidad y del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al ₂ Cu.
24	Presenta trazas de porosidad y del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al ₂ Cu.

Tabla 15.

Se presentan los resultados de la evaluación metalográfica del grupo numero 2.

25	Presencia de porosidad, muestra acicularidad del interdendrítico de AlSi, con trazas de la fase Al-Cu-Fe, así como de la de CuAl_2
27	Presencia de porosidad, muestra acicularidad del interdendrítico de AlSi, con trazas de la fase Al-Cu-Fe, así como de la de CuAl_2
29	Presencia de porosidad, muestra acicularidad del interdendrítico de AlSi, con trazas de la fase Al-Cu-Fe, así como de la de CuAl_2 , con trazas de microsegregación.
26	Presencia de porosidad, con trazas de la fase Al-Cu-Fe, así como de la de CuAl_2
28	Presencia de porosidad, con trazas de la fase Al-Cu-Fe, así como de la de CuAl_2
30	Presencia de porosidad, con trazas de la fase Al-Cu-Fe, así como de la de CuAl_2
31	Presencia de porosidad, con trazas de la fase Al-Cu-Fe, así como trazas no cuantificables de la de CuAl_2
33	Presencia de porosidad, con trazas de la fase Al-Cu-Fe, así como trazas no cuantificables de la de CuAl_2
35	Presencia de porosidad, con trazas de la fase Al-Cu-Fe, así como trazas no cuantificables de la de CuAl_2
32	Presenta trazas de porosidad, con abundante presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu , en zonas de micro segregación.
34	Presenta trazas de porosidad, con abundante presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu , en zonas de micro segregación.

Tabla 15 (continua)

36	Presenta trazas de porosidad, presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu . De grano fino
37	Presenta trazas de porosidad, con abundante presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu , en zonas de micro segregación. Grano grueso.
39	Presenta trazas de porosidad, presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu , en zonas de micro segregación. Grano fino
41	Presenta trazas de porosidad, presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu , grano fino.
38	Presenta trazas de porosidad, con abundante presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu . Grano grueso.
40	Presenta trazas de porosidad, con abundante presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu . Grano grueso.
42	Presenta trazas de porosidad, con abundante presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu . Grano fino.
43	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu . Grano medio.
45	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu . Grano medio.
47	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu . Grano medio.
44	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu . Grano fino.

Tabla 15 (continua)

46	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu . Grano medio.
48	Presenta trazas de porosidad, con abundante presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y trazas no cuantificables de Al_2Cu . Grano medio.

Tabla 16

Se presenta la evaluación Metalográfica del Grupo # 3.

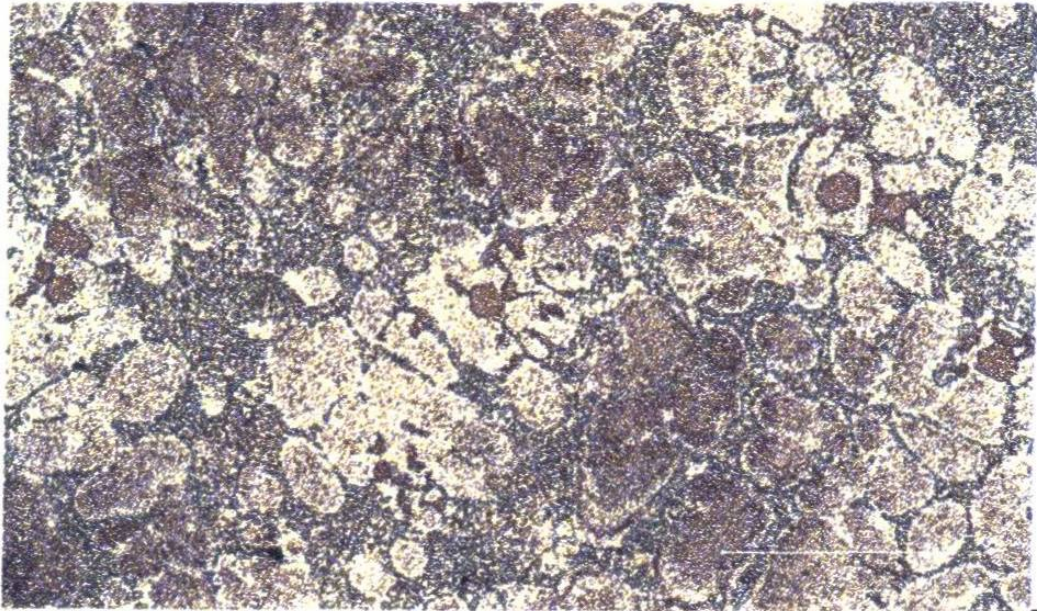
49	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y presencia de Al_2Cu . Grano grueso.
51	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y presencia de Al_2Cu . Grano grueso.
53	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y presencia de Al_2Cu . Grano grueso.
50	Presenta eutéctico de Al-Si, con presencia de acicularidad del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, así mismo del Al-Si-Mg-(Mn)-Cu, y trazas de partículas de la fase Al_2Cu . Grano medio.
52	Presenta eutéctico de Al-Si, con presencia de acicularidad del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, así mismo del Al-Si-Mg-(Mn)-Cu, y trazas de partículas de la fase Al_2Cu . Grano medio.
54	Presenta eutéctico de Al-Si, con presencia de acicularidad del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, así mismo del Al-Si-Mg-(Mn)-Cu, y trazas de partículas de la fase Al_2Cu . Grano medio.
55	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y presencia de Al_2Cu . Grano grueso.

Tabla 16 (continua)

57	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y presencia de Al ₂ Cu. Grano grueso.
59	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y presencia de Al ₂ Cu. Grano grueso.
56	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y presencia de Al ₂ Cu. Grano grueso.
58	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y presencia de Al ₂ Cu. Grano grueso.
60	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y presencia de Al ₂ Cu. Grano grueso.
61	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y presencia de Al ₂ Cu. Grano grueso.
63	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y presencia de Al ₂ Cu. Grano medio.
65	Presenta trazas de porosidad, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, y presencia de Al ₂ Cu. Grano medio.
62	Presenta esferiodización del eutéctico de Al-Si, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, así mismo del Al-Si-Mg-(Mn)-Cu, con trazas no cuantificables de la fase Al ₂ Cu. Grano fino.
64	Presenta de eutéctico de Al-Si, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, así mismo del Al-Si-Mg-(Mn)-Cu, con trazas no cuantificables de la fase Al ₂ Cu. Grano grueso.
66	Presenta esferiodización del eutéctico de Al-Si, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, así mismo del Al-Si-Mg-(Mn)-Cu, con trazas no cuantificables de la fase Al ₂ Cu. Grano grueso.
67	Presenta el eutéctico de Al-Si, presencia interdendrítica de Al-Cu-Fe-Mn, y del Al-Si-Mg-(Mn)-Cu, y partículas de la fase Al ₂ Cu. Grano medio.

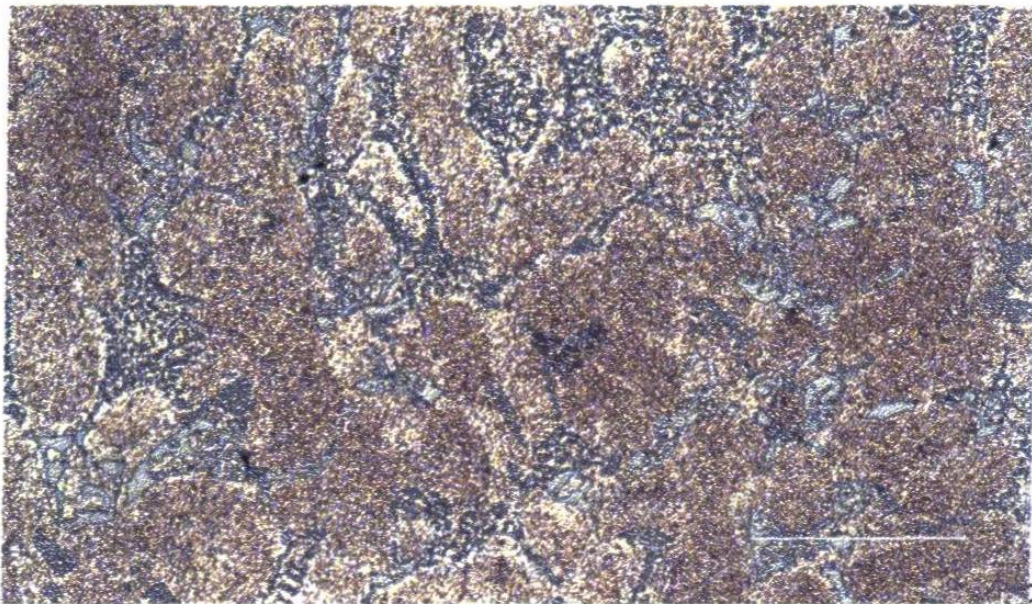
Tabla 16 (continua)

69	Presenta el eutéctico de Al-Si, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, así mismo del Al-Si-Mg-(Mn)-Cu, y partículas de la fase Al_2Cu . Grano medio.
71	Presenta el eutéctico de Al-Si, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, así mismo del Al-Si-Mg-(Mn)-Cu, y partículas de la fase Al_2Cu . Grano fino.
68	Presenta el eutéctico de Al-Si, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, así mismo del Al-Si-Mg-(Mn)-Cu, y partículas de la fase Al_2Cu . Grano medio.
70	Presenta el eutéctico de Al-Si, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, así mismo del Al-Si-Mg-(Mn)-Cu, y partículas de la fase Al_2Cu . Grano medio.
72	Presenta de eutéctico de Al-Si, con presencia del interdendrítico de Al-Cu-Fe-Mn, así mismo del Al-Si-Mg-(Mn)-Cu, y partículas de la fase Al_2Cu . Grano grueso.



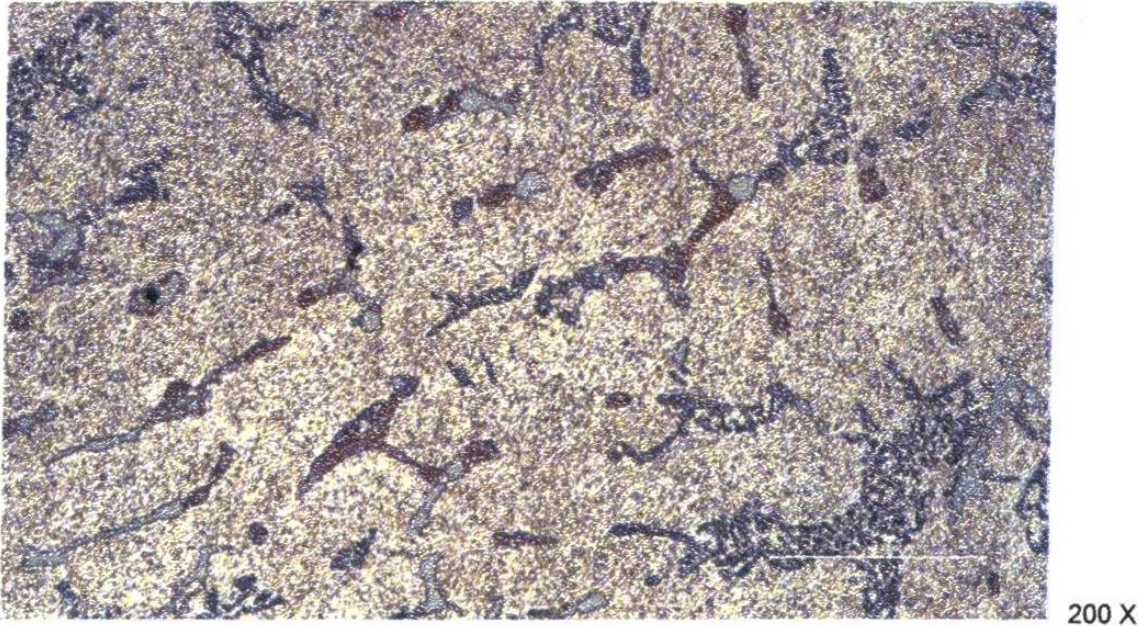
200 X.

Fotografía 3. Microestructura de la muestra 15 del grupo 1. Que presenta trazas de porosidad, con presencia de los interdendríticos Al Si, y AlCuFeMn, con trazas de la fase $Al_2 Cu$ en zonas de microsegregación.

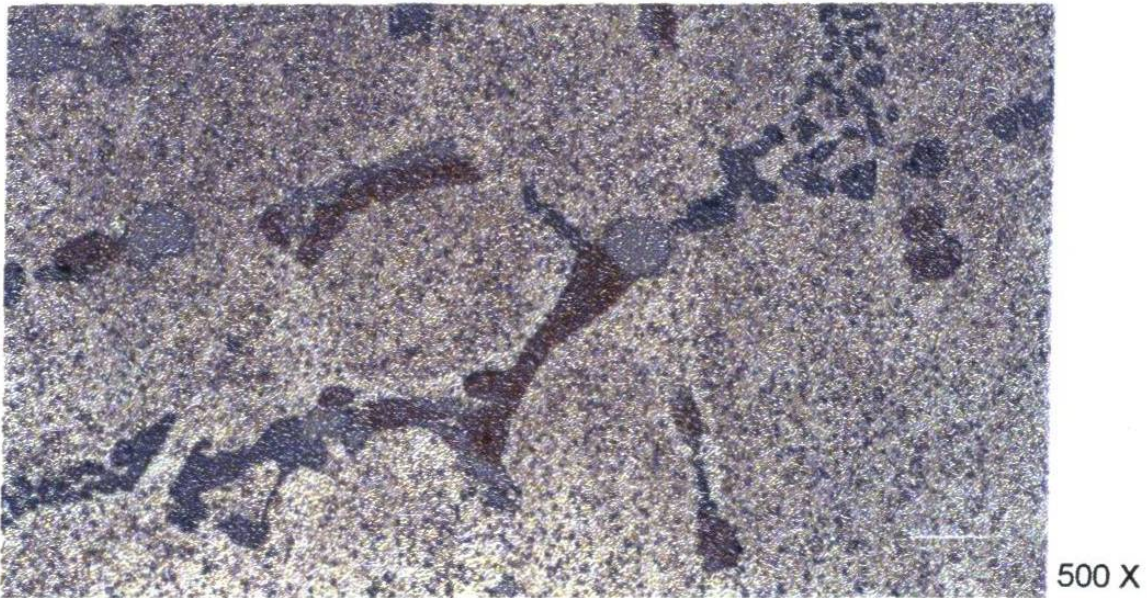


200 X.

Fotografía 4. Microestructura de la muestra 40 del grupo 2. Que presenta trazas de porosidad con abundante presencia de los interdendríticos Al Si, y AlCuFeMn, con trazas no cuantificables de la fase $Al_2 Cu$. Grano grueso.



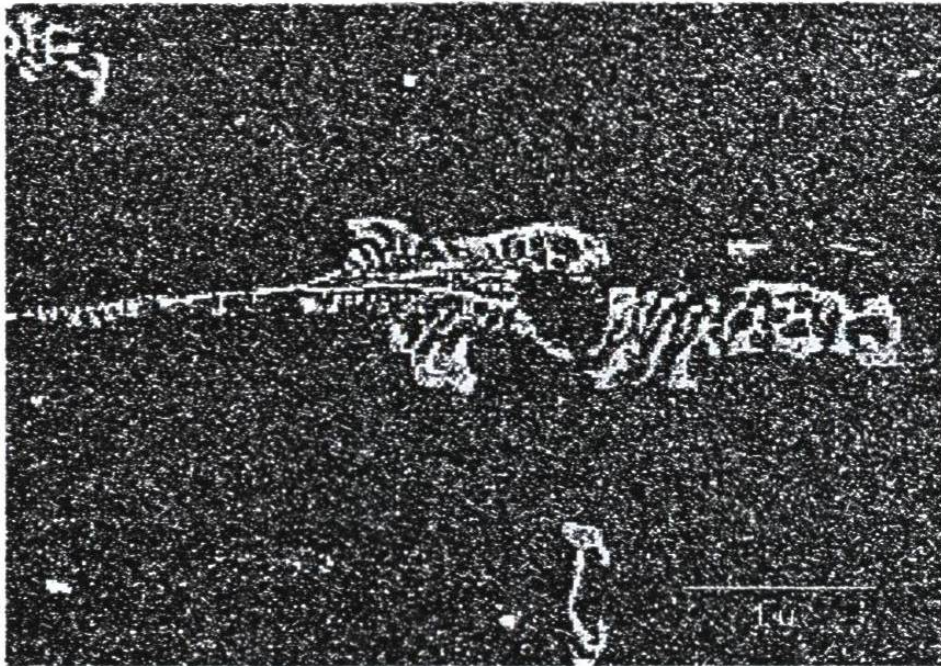
Fotografía 5. Microestructura de la muestra 51 del grupo 3. Que presenta trazas de porosidad, con presencia de los interdendríticos Al Si, y AlCuFeMn, y de la fase $Al_2 Cu$. Grano grueso.



Fotografía 6. Microestructura de la muestra 51 del grupo 3. Que presenta trazas de porosidad, con presencia de los interdendríticos Al Si, y AlCuFeMn, y de la fase $Al_2 Cu$. Grano grueso.

4.2. Microscopia Electrónica de Barrido.

Se evalúa una muestra de cada grupo, fueron la 40, 51 y la 15, con la finalidad de identificar cuantitativamente las fases presentes en la microestructura observada en la microscopia óptica convencional, encontrando lo siguiente:



1000 X

Fotografía 7. Microestructura de la muestra 40. SEM.
Se observa al interdendrítico de Al-Si-Cu-Mn-Fe. Típica estructura en la matriz de Al-Si.

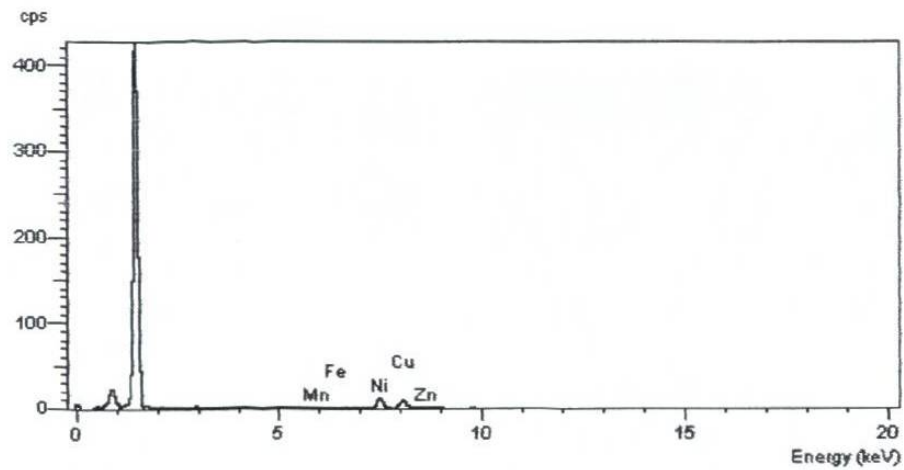
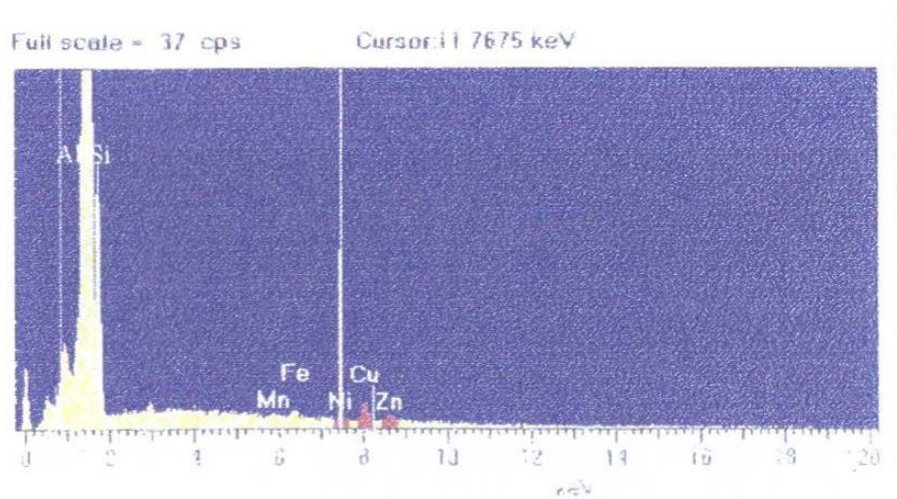
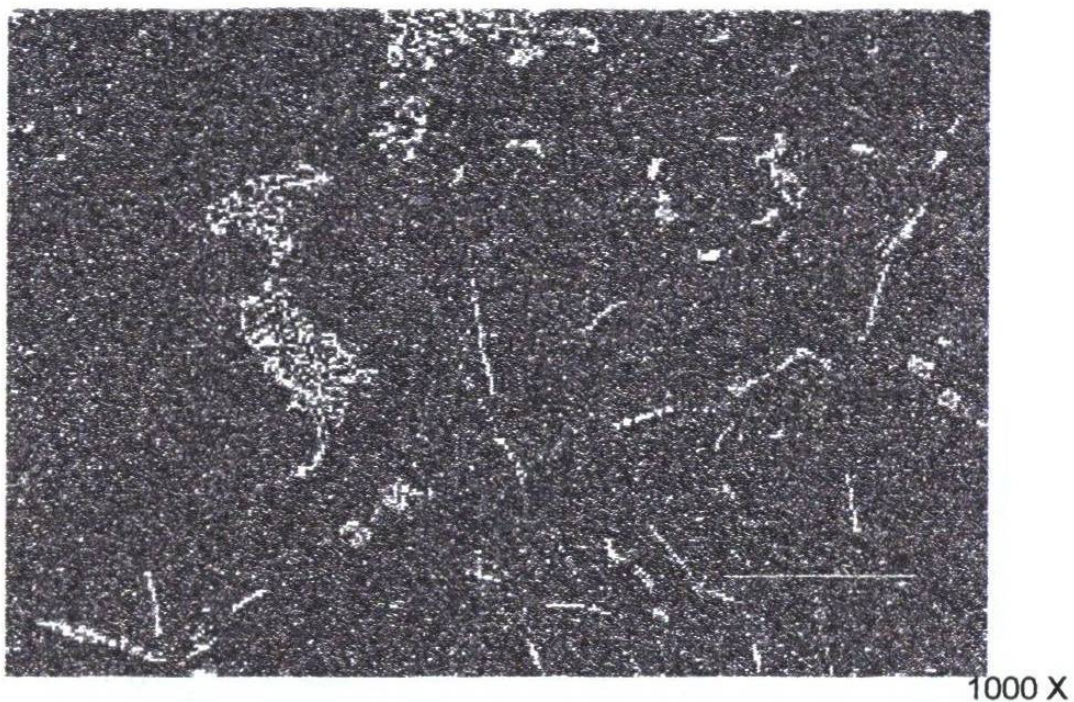


Figura 5 Composición química de la superficie de la imagen de la muestra 40



Fotografía 6. Espectro químico cualitativo de la matriz de la probeta 40, donde se pudo detectar los micro-aleantes de Cu, Mn, Ni, Zn en la matriz de Al-Si.



Fotografía # 8. Muestra 40. SEM. Se observa al interdendrítico de Al-Si-Cu-Mn-Fe. Típica estructura de huesillos, en la matriz de Al-Si.

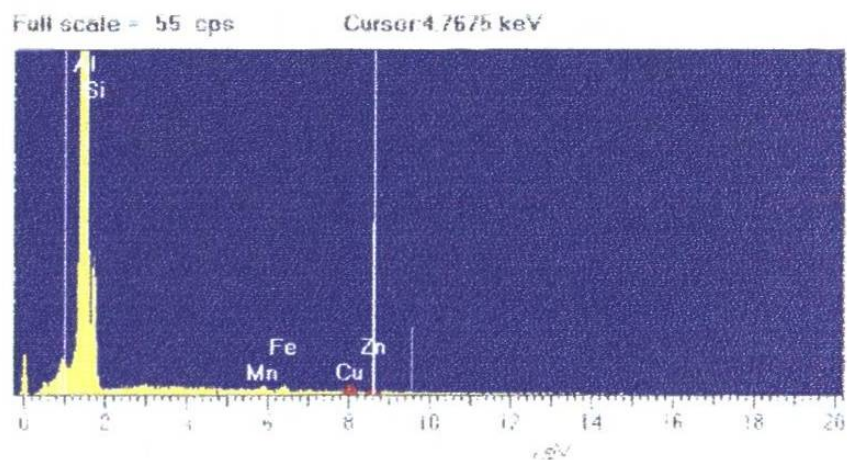
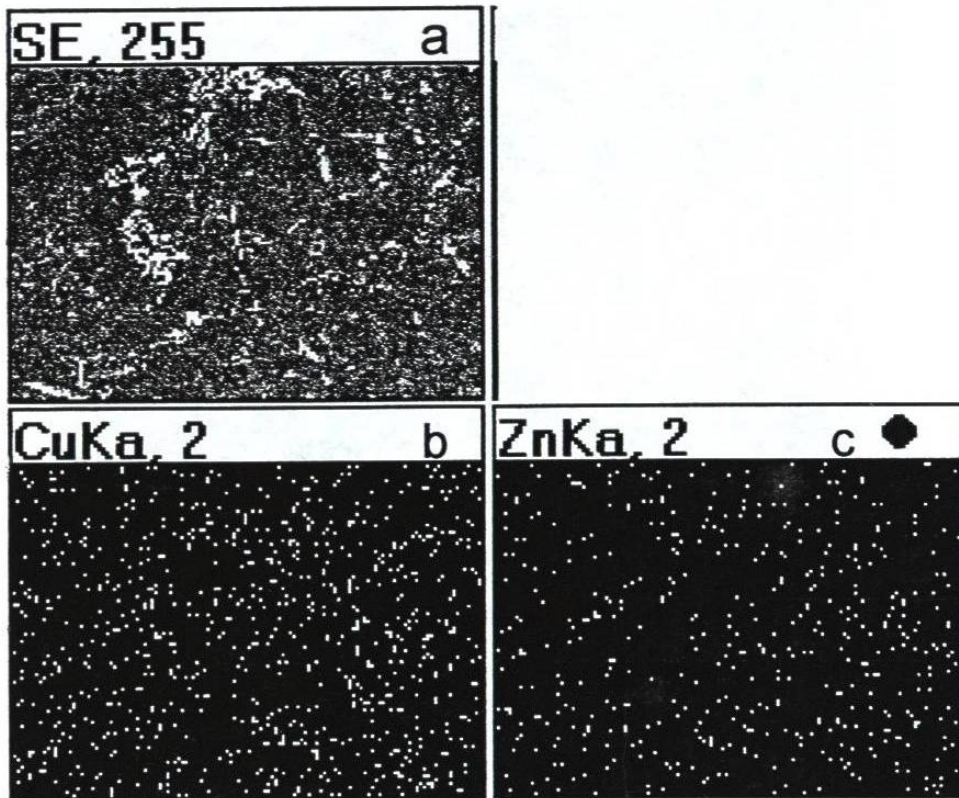
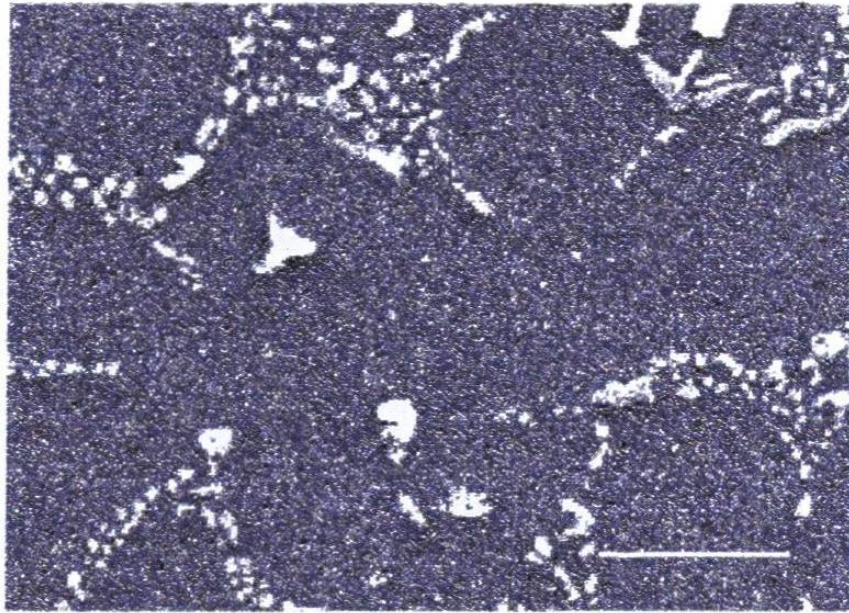


Figura 7. Como en el anterior se presenta la detección en la matriz de la probeta 40 en otra zona se detectan aleantes de Cu, Mn, Ni, Zn en la matriz de Al-Si.



Fotografía 9. SEM. De la imagen anterior, figura a, se efectúa un barrido de detección de Cu, imagen b, y de Zn, en c donde podemos ubicar las zonas en que se presentan dichos elementos.



1000 x

Fotografía 10. SEM. Microestructura de la muestra, 15. Se presenta el interdendrítico del Al-Si-Cu Mn- Fe. Estructura que se aprecia redondeas por efecto de la modificación.

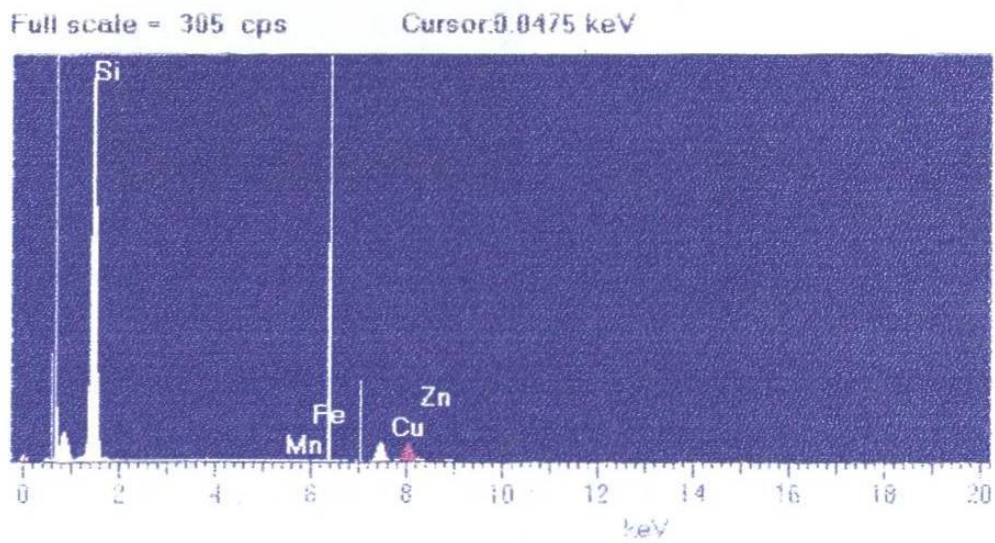
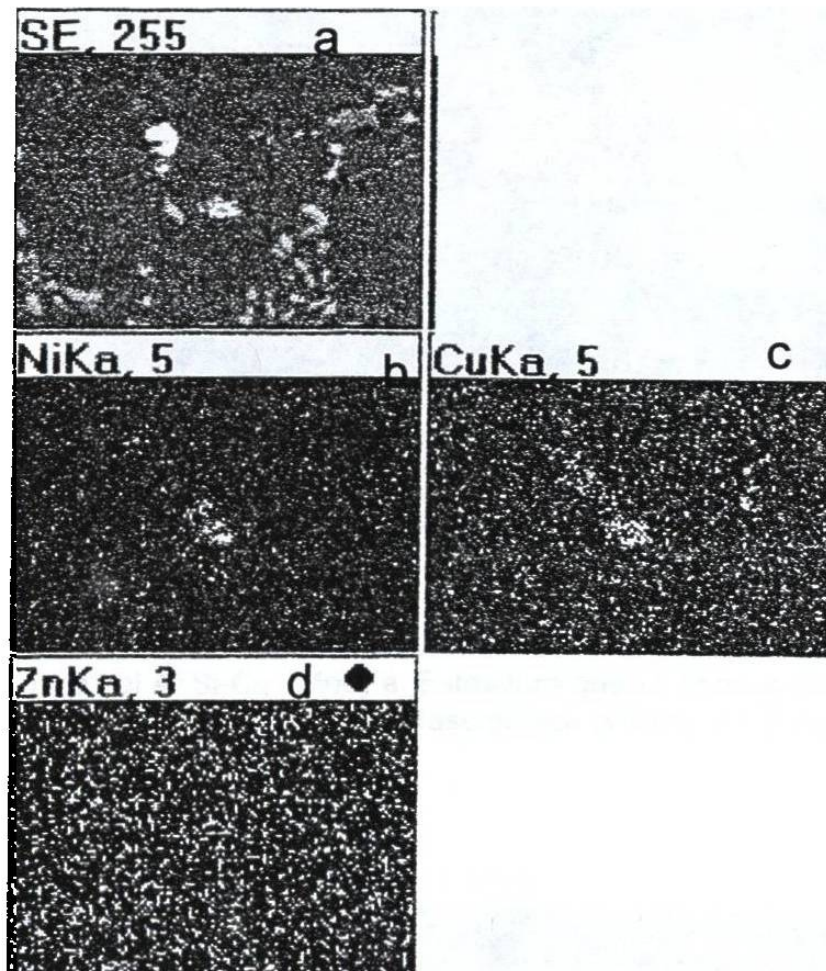
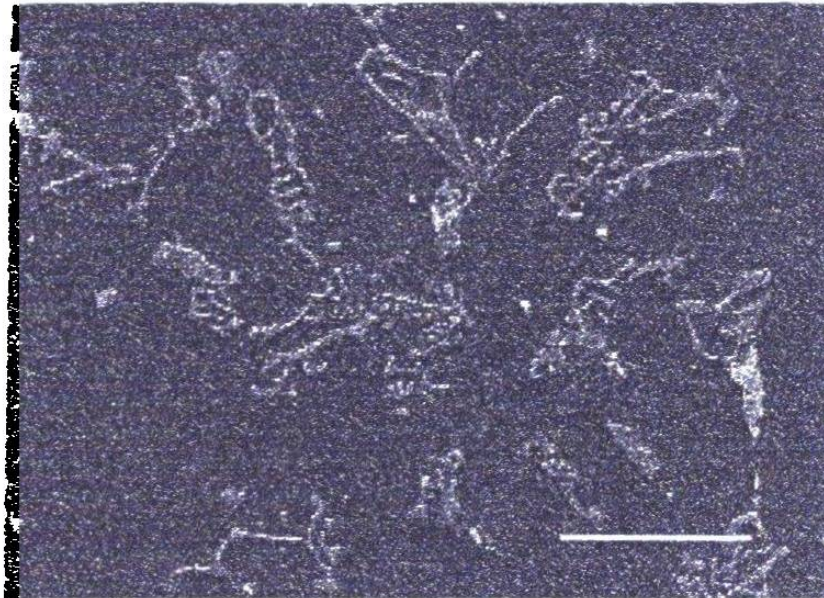


Figura 8. Espectro químico cuantitativo que corrobora lo comentado en la fotografía anterior.



Fotografía 11. SEM. De la anterior imagen muestra 15, figura a, se efectúa un barrido de detección de Ni, imagen b, Cu imagen c, y de Zn en d, donde podemos ubicar las zonas en que se presentan dichos elementos.



1000 X.

Fotografía 12 SEM Microestructura de la muestra 51. Se presenta el interdendrítico del Al-Si-Cu Mn- Fe. Estructura que se aprecia redondeada por efecto de la modificación, la fase blanca brillante es la Al_2Cu .

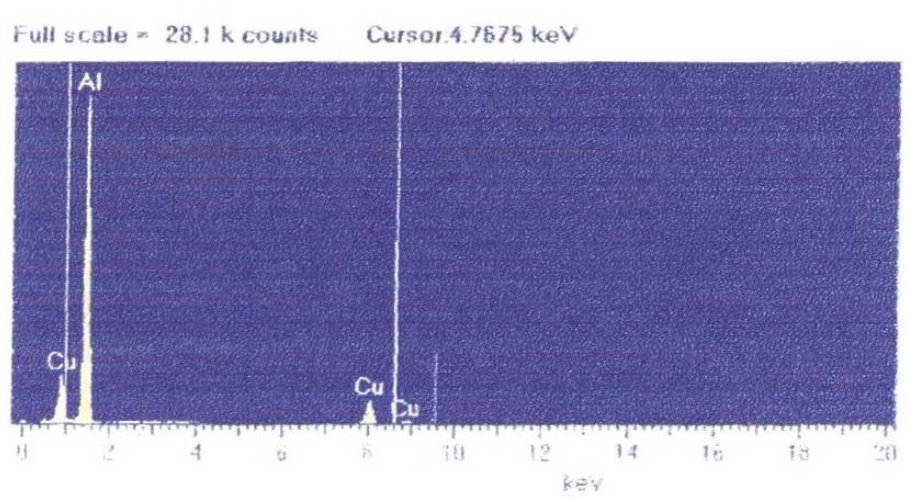
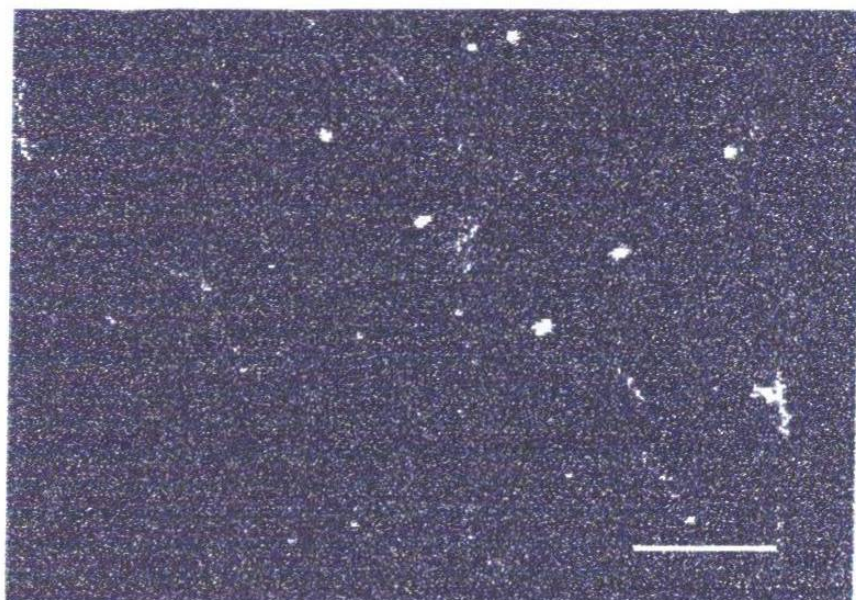


Figura 9.- Se presenta el análisis elemental químico de la fase blanca brillante que es la de Al_2Cu .



1000 X

Fotografía 13 SEM Barrido químico de Cu en la muestra anterior.
Se presenta la fase teta, Al_2Cu en la muestra 51.

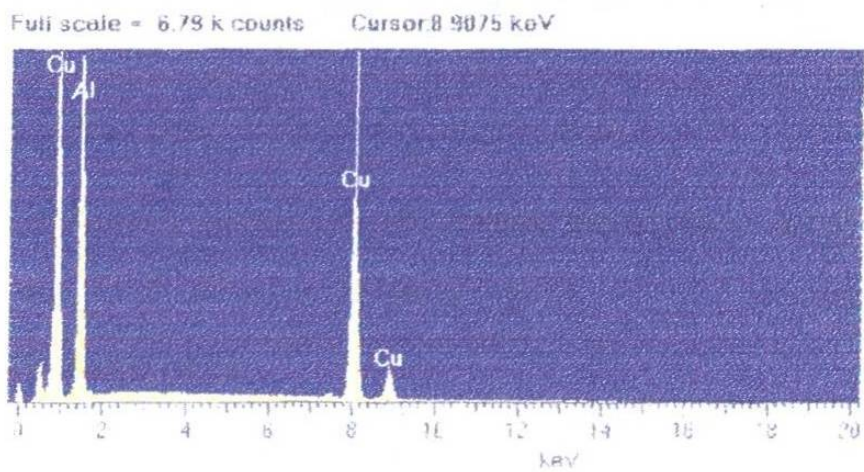


Figura 10 Composición química elemental de la muestra 51 del barrido de las zonas de Cu, que se efectúa sobre la fase Al_2Cu .

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

La aleación cumple satisfactoriamente con lo marcado en la bibliografía, aunque presenta una ligera variación que no tiene efecto significativo en la modificación.

El precipitado de Al_2Cu no se presenta segregado en las muestras del grupo 1 que es el de menor contenido de Cu, (1.16), se encuentra en combinación con la matriz.

En el grupo 2 se aprecia segregación de la fase Al_2Cu este grupo presenta un contenido de 2 % en peso de Cu.

El precipitado de Al_2Cu se observa en mayor cantidad en las muestras del grupo 3 en las que el contenido de Cu es mayor 3.35 %.

El tamaño de grano en las muestras de los grupos 2 y 3 es mayor y se presenta la fase teta de manera libre.

RECOMENDACIONES.

Es necesario evaluar las propiedades mecánicas de las muestras para así comprobar y corroborar lo observado en el microscopio.

Probablemente alargando el tiempo de tratamiento de las muestras del grupo 2 y 3 se lograría difundir mas la fase cobre en la matriz y mejorar aun mas sus propiedades, por lo que recomendamos nuevamente tratar térmicamente las muestras y evaluarlas de nueva cuenta.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	DESCRIPCIÓN	Página	Bibliografía
1	Sistema de nomenclatura para las aleaciones de aluminio	9	6.- Pag 15
2	Sistema de nomenclatura de templado para aleaciones de aluminio	11	6.- Pag 35
3	Tabla de solubilidad máxima en el aluminio de algunos elementos de aleación.	16	4.- Pag 18
4	Composición química típica de la aleación a 319.	21	4.- Pag. 8
5	Propiedades mecánicas típicas de la aleación Al-Si A319.	22	4.- Pag. 10
6	Algunas propiedades de modificadores del eutéctico Al – Si.	28	4.- Pag 15
7	Ventajas y desventajas de los modificadores.	32	4.- Pag. 18
8	Se presenta la descripción de las muestras a analizar.	42	_____
9	Se presenta la composición química por grupo de muestras a analizar.	43	_____
10	Descripción del tratamiento térmico aplicado a las muestras del grupo # 1.	44	_____
11	Descripción del tratamiento térmico aplicado a las muestras del grupo # 2.	45	_____
12	Descripción del tratamiento térmico aplicado a las muestras del grupo # 3.	46	_____
13	Reactivos usados para el examen Metalográfico.	52	26. Pag. 87
14	Se presenta el resultado de la evaluación metalográfica del grupo # 1 de muestras.	56	_____
15	Se presentan los resultados de la evaluación metalográfica de el grupo numero 2.	58	_____
16	Se presenta la evaluación Metalográfica del Grupo #3.	60	_____

ÍNDICE DE FIGURAS.

Fig	Descripción.	Página	Bibliografía
1	Variante de clasificación con letra para aleaciones similares.	13	Aluminio Vonferencia de la sem. De ciencia y tecnología Pag 11
2	Diagrama de Equilibrio de Al – Si	15	Personal Metalog. Tablas y Diagramas. Struers. Pag 12
3	Diagrama binario de Al – Cu.	23	Personal Metalog. Tablas y Diagramas. Struers. Pag 14
4	Diagrama de estado del sistema Cu – Al.	35	Personal Metalog. Tablas y Diagramas. Struers. Pag 15
5	Espectro Químico cuantitativo de lo observado en la fotografía anterior.	66	_____
6	Espectro químico cualitativo de la matriz de la probeta 40, nos presenta los microaleantes de Cu, Mn, Ni, Zn en la matriz de Al-Si.	66	_____
7	Al igual que en lo anterior se presenta el espectro químico cualitativo de la matriz de la probeta 40, en otra zona, nos presenta los aleantes de Cu, Mn, Ni, Zn en la matriz de Al-Si.	67	_____
8	Espectro químico cuantitativo que corrobora lo comentado en la fotografía anterior.	69	_____
9	Se presenta el análisis cuantitativo de la fase blanca brillante que es la de Al ₂ Cu.	71	_____
10	Se presenta el análisis cuantitativo de la fase blanca brillante que es la de Al ₂ Cu.	72	_____

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Foto	Descripción	Pagina
1	Aleación de aluminio "no modificado",	24
2	Aleación de aluminio "modificado".	25
3	Microestructura de la muestra 15.	63
4	Microestructura de la muestra 40.	63
5	Microestructura de la muestra 51.	64
6	Microestructura de la muestra 51.	64
7	Microestructura de la muestra 40. SEM.	65
8	Muestra 40. SEM.	67
9	De la anterior imagen, figura a, se efectúa un barrido de detección de Cu, imagen c, y de Zn, donde podemos ubicar las zonas en que se presentan dichos elementos.	68
10	Microestructura de la muestra, 15.	69
11	De la anterior imagen, figura a, se efectúa un barrido de detección de Cu, imagen c, y de Zn, donde podemos ubicar las zonas en que se presentan dichos elementos.	70
12	Microestructura de la muestra de la muestra 51.	71
13	Se presenta el barrido de la fase teta, Al ₂ Cu. Presentada en la muestra 51	72

REFERENCIAS.

- 1.- Harry D. Moore. Donald R. Kibbely. Materiales y Procesos de Fabricación. 1992
- 2.- Francisco Muñoz del Corral. Curso de metalurgia. Aguilar. 1978
- 3.- Carabjal Aldape Jorge Luis , Aluminio. Conferencia de la semana de ciencia y tecnología. COMIMSA. 1996.
- 4.- Keyser Carl A. Ciencia de Materiales para Ingeniería. Limusa. 1994.
- 5.- W. J. Ellis, Ingeniería de Materiales. Alfaomega. Pag., 51 a 58.
- 6.- Metals Handbook 9th edition, Aluminium Foundry Products. Volumen 2 ASM 1979.
- 7.- M.A. Cisneros. Valtierra S. Reyna M. Influencia del tratamiento térmico sobre la morfología de la fase eutéctica rica en silicio y el tamaño de grano; impacto sobre las propiedades mecánica en piezas automotrices elaboradas de una aleación Al – Si. ITS, XXI congreso internacional de metalurgia y materiales. 1999.
- 8.- Sydney H. Avner, Introducción a la Metalurgia Física. Segunda edición pag., de la 477 a la 481. 1979.

- 9.- James F. Shackelford. Ciencia de Materiales para Ingenieros. Preentice Hall Hispanoamericana, S.A.
- 10.- Agenda Personal Metalog. Struers.
- 11.- Yu. M. Latjtin. Metalografía y Tratamiento Térmico de los Aceros. Editorial MIR.
- 12.- Heat Treating of Aluminium Alloys. Metals Handbook 9^a Edition. Vol.4. ASTM. 1981.
- 13.- Carbajal Aldape Jorge Luis. Estudio del efecto del estroncio – velocidad de solidificación – tratamiento térmico en la modificación de una aleación de aluminio A319. Tesis de Maestría. ITRS. Saltillo Coah. México, 1994
- 14.- Rollason E.C. Metallurgy Engineers, Edward Arnold Ltd., 4th Edition, 1980.
- 15.- E. Beraha, B. Shpiger. Color Metallography American Society For Metals pag. 87 a 94, 1977.
- 16.- F. Keller and G. W. Wilcox. Identification of Constituents of Aluminum Alloys. Alcoa. Research Laboratories Technical Paper N° 7 Revised 1958

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Jorge Elías Aldrette Soria nació en Saltillo Coah. Mex. El 5 de julio de 1955. Obtuvo el grado de Ingeniero Metalúrgico con especialidad en Procesos en el Instituto Tecnológico de Saltillo terminó en diciembre de 1979. En 1998 inicia la Ingeniería con especialidad en Materiales en el Doctorado en Ingeniería de Materiales de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

En 1980 ingreso a trabajar en CIFUNSA planta 2 en el departamento de Fundición como supervisor, en 1983 ingresa al Instituto de Investigaciones Siderurgias (IMIS como asistente de investigador), que en 1992 cambio a Corporación Mexicana de Investigación en Materiales (COMIMSA desde 1994 funje como investigador designado), en 1993 inicia su propio negocio de Carpintería luego en 1995 forma parte de la Empresa Fundición Monclova como gerente de calidad y laboratorios hasta 1996 en cuando pasa a formar parte del grupo académico de la Universidad Tecnológica de Coahuila donde actualmente se desenvuelve como Profesor Investigador en la dirección académica de Mantenimiento Industrial.

Dirección particular:	Gladiolas # 225 Unidad Valle de las flores. Saltillo Coah. Mex. 25290
Teléfono: casa	(01 84) 430 02 95
Celular:	044 84 44 40 12 58
E-mail	Jaldrete-soria@ hotmail.com Jaldrete-@ utc.edu.mx

