

En una misión - Temporada 4, Episodio 12 - Los secretos de los rovers de Marte

CBS Television presenta un reportaje especial sobre Sputnik One, el satélite espacial soviético. El registro de Douglas Edwards de la carrera espacial entre Estados Unidos y la Unión Soviética comenzó con el Sputnik Uno, el primer satélite que orbitó la Tierra en octubre de 1957. EE.UU. Respondió rápidamente con un Satellite Explorer One. Mientras tanto, en todo el país, en el Laboratorio de Propulsión a Chorro, un extenso complejo de investigación y desarrollo de 80 acres en Pasadena, California, los científicos e ingenieros corrían hacia el mismo plazo de 90 días para poner un satélite en órbita. Su trabajo amueblaba la casa. Solo unos años más tarde, en 1961, el piloto soviético Yuri Gagarin se convirtió en el primer ser humano en abandonar nuestro planeta, completando una órbita completa antes de volver a caer a la Tierra. Me gustaría saber qué trastornos psicológicos, si es que hubo alguno, resultaron en el vuelo espacial del mayor Garren. ¿Alguna vez tiene pesadillas? La sensación de que es menos de un mes después de que Alan Shepard voló al espacio para los EE.UU. Y tres semanas después de eso, el presidente John F. Kennedy extendió la carrera espacial mucho más allá de la órbita de la Tierra hasta llegar a la Luna. Nosotros elegimos ir a la luna. Nosotros elegimos ir a la luna. Si bien los detalles de la carrera espacial son de conocimiento común, lo que no es tan conocido es que esta competencia se extendió aún más allá, más allá de la luna hasta el planeta Marte. Durante siglos, la ciencia ha estudiado a Marte, el único planeta donde puede existir vida. Ahora la pantalla crea para ti el espectáculo fascinante y aterrador del primer vuelo a Marte, representado a través de la lente rosada de la ciencia ficción. Sagas como la película de 1951 Vuelo a Marte, el planeta rojo era un lugar de romance y peligro, donde los héroes se encontraban con criaturas extrañas o marcianos más parecidos a los humanos. Los científicos del mundo real estaban ansiosos por descubrir si Marte podría ser realmente un refugio para la vida extraterrestre. Aquí está. Gentry Lee, ingeniero del JPL. Durante muchos, muchos años, la mayoría de los científicos creyeron que si había vida en otro lugar de nuestro sistema solar, el candidato más probable para esa vida era Marte. Y la razón fue algo así como que Venus hace demasiado calor. La superficie es de 900 grados Fahrenheit, 400 grados centígrados. La atmósfera tiene ácido sulfúrico y clorhídrico. No habrá vida allí, al menos ninguna vida como la que conocemos en Marte. Por otro lado, sabíamos que allí el agua estaba ciclando entre una fase gaseosa y una sólida. Entonces, dado que el agua era esencial para la vida, nos enfocamos en Marte. Los primeros seis intentos de llegar a Marte con naves espaciales robóticas, cinco de la Unión Soviética y ganados por EE.UU. Fallido. Pero luego, la NASA tuvo éxito en 1964, cuando el Mariner Four sobrevoló Marte mientras tomaba las imágenes más cercanas jamás tomadas de su superficie. Eso comenzó una serie de sobrevuelos de Mariner. Y luego, en 1971, Mariner Nine se convirtió en la primera nave espacial en orbitar Marte en lugar de simplemente pasar volando.

Mientras tanto, el programa de Marte de la Unión Soviética continuó luchando durante la década de 1960. Pero su décimo intento, la nave espacial Mars Three, dio 22 vueltas al planeta y llegó solo dos semanas después que Mariner Nine. Sin embargo, la misión Mars Three obtuvo un primer lugar al enviar un módulo de aterrizaje con el rover a la superficie marciana. Aunque el aterrizaje fue según lo planeado, el módulo de aterrizaje solo transmitió durante unos segundos, enviando una imagen llena de estética, casi abstracta, y no operó el tiempo suficiente para liberar el rover que tenía dentro. La NASA en ese momento se estaba preparando para enviar su propio combo de orbitador y módulo de aterrizaje a Marte. Viking One seguido unas semanas más tarde por el gemelo Viking Two. Gentry estaba en el equipo vikingo. En la década de 1970, cuando estábamos construyendo la nave

espacial Viking, todos teníamos miedo de fracasar debido a todas las cosas que no sabíamos sobre Marte. Si bien los científicos tenían una mejor comprensión de Marte gracias a las misiones Mariner, muchos detalles importantes eran confusos. Y volar a través de la atmósfera del planeta para intentar aterrizar seguía siendo una inmersión peligrosa en lo desconocido. Las representaciones atmosféricas que nos dieron para diseñar Viking variaron hasta en tres órdenes de magnitud. No sabíamos nada sobre el terreno. De hecho, un buen 20% de los científicos de Viking pensaron que la superficie de Marte podría tener la consistencia de un afeitado rápido. Y todo el mundo siempre me pregunta, ¿por qué tomaste esa estúpida primera foto del pie que aterrizó en Marte? Y dije, Porque el 20% de los científicos pensaban que íbamos a ir con guante, con guante y hundiéndonos en Marte. Ahora vemos la plataforma de aterrizaje exactamente como se planeó, con una pequeña cantidad de polvo o sedimento sobre ella. La superficie tiene algo de polvo pero es firme, mucho más firme, y muchos científicos aquí creían que lo sería. Desde que los vikingos pisaron Marte en 1976, la NASA ha enviado muchos más módulos de aterrizaje y orbitadores a Marte, así como cinco rovers que han navegado por los cráteres, la arena, las dunas y las montañas del planeta. Marte es un lugar más familiar gracias a estas misiones. Pero Gentry, quien ahora es el ingeniero jefe de ciencia planetaria del JPL, advierte contra la complacencia. A medida que hemos aprendido más sobre Marte y Marte nos ha arrojado más dificultades y nos ha arrojado una dificultad en cada misión, en lugar de volvemos más humildes acerca de lo que sabemos sobre Marte, hemos llegado al punto en que una serie de nuestros ingenieros e incluso algunos de nuestros científicos piensan, oh, es pan comido aterrizar en Marte. Y sabemos de qué se trata Marte. Hola. Puede o no saberlo. El Insight aterrizó en Marte con sismómetros, que eran geniales, y una sonda de calor, que se suponía que debía sumergirse entre tres y cinco metros en la superficie. Y fue probado en todo tipo de suelos marcianos antes de desaparecer. ¿Adivina qué? Ninguno de los suelos marcianos en los que se probó se parecía ni remotamente a lo que encontramos. Y después de un año de intentarlo, intentarlo y probarlo, la sonda de calor nunca profundizó más de medio metro. Y les digo incluso a mis amigos, no se pongan arrogantes. Puede pasar algo que no esperas. Marte no está confinado a lo que crees que debería ser. Una misión de la NASA existe en el espacio entre lo que creemos que entendemos y lo que queremos descubrir. Toda misión busca traspasar ese umbral entre el no saber y el saber. Pero después de enviar misiones a Marte durante casi 60 años, puede ser fácil olvidar hasta qué punto lo desconocido todavía define estas exploraciones. Casi todas las misiones han descubierto algo de lo que no teníamos idea antes. Todavía tenemos mucho que entender. Y eso es lo que tiene de maravilloso. Porque a medida que exploramos los planetas, lo que nos sucede es que de repente vemos la Tierra desde una perspectiva diferente. Vemos la Tierra en un sentido comparativo.

¿En qué se parece la Tierra a otros lugares? ¿Cómo es que la Tierra no es como otros lugares? ¿Qué hay en nosotros que es tan especial? Y encuentro todas estas preguntas, preguntas y todas las discusiones de estas preguntas absolutamente fascinantes. 2 Hemos adquirido el suelo con el radar. Estamos sobre las ruedas de Marte. Esto es increíble. Bienvenido a en una misión, un podcast del Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA. Soy Leslie Mullen, y este, el tramo final de nuestro viaje de la cuarta temporada es el episodio doce Secretos de los Mars Rovers. Debido a que los rovers de Marte abren caminos aún no recorridos, los ingenieros que los diseñan y construyen necesitan crear soluciones para lo desconocido. Esto fue especialmente cierto para el primer rover, Sojourner, que llegó a Marte con el módulo de aterrizaje Pathfinder en 90 97. Así que tuvimos este problema del huevo y la gallina desde el principio, ese es el ingeniero jefe de Rob Manning JPL que participó en los cinco rovers de Marte de la NASA. . Porque vamos a Marte para aprender más sobre Marte con estas misiones. Necesitábamos enviar estas misiones allí para averiguar qué misiones futuras debían ser para estar seguros de ir allí. Por ejemplo, las rocas que han estado sentadas en Marte expuestas a vientos muy, muy ligeros durante millones de años. A pesar de que el viento en

Marte prácticamente no tiene energía, un viento de 100 millas por hora en Marte se siente como una brisa de diez millas por hora en la Tierra. Así que el viento es mucho menor que eso la mayor parte del tiempo. Pero esto aún produce polvo que se mueve y granos de arena saltan a lo largo de la superficie que causan saltación, y golpean la roca, la muelen y producen estas maravillosas superficies planas y bordes afilados. Y estas rocas tienen puntas muy afiladas porque estas rocas están formadas por el viento, se llaman ventafax. Y muchas de estas rocas están pegadas a la superficie que hemos descubierto a lo largo de los años, y hay muchas más de las que pensábamos. No diría que Martin está completamente cubierto con ellos, pero tengo que decirte que si yo fuera un astronauta marciano, insistiría en usar zapatos gruesos y vendidos. Insistiría en que no, no quiero zapatos vendidos delgados. Quería acero entre mí y esas puntas afiladas. Estas son las cosas que aprendes sobre Marte que realmente no sabías, porque no vimos esas rocas afiladas, muchas de ellas en el sitio de aterrizaje de Pathfinder o en el sitio de aterrizaje de Viking, pero las hemos visto desde que He estado conduciendo. Cada generación del rover de Marte se basó en tales descubrimientos y se hizo más grande y más compleja en el proceso. El transeúnte del tamaño de un horno tostador condujo a los rovers gemelos Spirit y Opportunity del tamaño de un carrito de golf que llegaron en 2004, que informaron el diseño de un rover Curiosity del tamaño de un automóvil que aterrizó en Marte en 2012, cuyo plano se modificó de manera sutil pero fundamental para Perseverance. rover que llegó en 2021. Es por eso que estamos tan, tan agradecidos de que la NASA haya confiado en nosotros para hacer esto una y otra vez, porque no puedes aprender esto sin hacerlo. Y así, cuando construimos Spirit y Opportunity, construimos Spirit y Opportunity en una fusión directa de la capacidad funcional de Sojourner y un sistema Mars Pathfinder. Entonces pudimos construir esas capacidades y luego agregarlas. Y tengo que admitir que hay una gran ventaja en hacer eso porque estás añadiendo a lo que ya sabes, en lugar de empezar de nuevo todo el tiempo. Y aunque se ven radicalmente diferentes, no hay duda de que Spirit y Opportunity, Pathfinder y Sojourner estaban adentro. Y luego, cuando vienes a Curiosity, no hay duda de que Spirit y Opportunity residen dentro de este nuevo rover ultra complejo que tiene pasatiempos mucho más complejos que cualquier cosa que le hayamos pedido a Spirit y Opportunity. Y luego hemos subido el juego aún más con Perseverancia. Pero el hecho de que lo hayas hecho antes no significa que ya no tengas que construirlo, diseñarlo o probarlo. Cada vez que lo construyas de nuevo, debes volver a probar todas las capacidades que acumulaste en misiones anteriores. Tienes que revisar todo porque has hecho estos cambios, este nuevo hardware, hay una nueva configuración, nuevas propiedades de masa, todo. Tienes que volver y comprobar para asegurarte de que todo funciona.

Terminas con estos equipos masivos de personas que luchan por demostrar que todo funciona. Los equipos que desarrollan, construyen y prueban cada pequeño detalle del rover hacen lo mismo con el sistema de aterrizaje que llevará el rover a Marte y lo aterrizará de forma segura en la superficie del planeta. La naturaleza del problema que estamos tratando de resolver es realmente difícil. Estamos tratando de enviar una cosa terrestre, inventada y concebida por seres humanos, empaquetarla y enviarla a otro planeta. Para llegar allí, tiene que transformarse de un viajero interplanetario a un piloto hipersónico a un paracaidista a un cohete hasta llegar a un módulo de aterrizaje. Y luego tiene que ser capaz de conducir y tomar imágenes en diferentes direcciones y hacerlo todo de manera segura e interactuar con la superficie de Marte para que podamos comprender más detalles sobre Marte de los que hemos visto antes, muchos más detalles de los que podemos ver. desde telescopios desde la Tierra o incluso desde la órbita. Y entonces, la complejidad de estos rovers es realmente difícil de entender. Los miles de metros de cables, conectores, los diferentes tipos de materiales, desde metales hasta compuestos e incluso formas de plástico, tenemos una gran diversidad de materiales que intervienen en la construcción de estas cosas. Incluso tenemos madera de corcho en muchas partes del vehículo, así como productos químicos líquidos que ponemos en el vehículo como

lubricantes. Hay un número monumental de cosas que van con él. Hay casi una sensación de que es un fractal. Si has visto un fractal tridimensional, verás que cuanto más te sumerges, se vuelve más y más detallado y así es como parecen ser estos vehículos. Tienes que bajar a un nivel de detalle que es realmente microscópico para entender lo que hay dentro de este vehículo. Hay tantos detalles que aprender y estudiar que a un ser humano realmente le llevaría toda una vida comprender cada matiz de estas máquinas que construimos. Así que ese es el único aspecto de la naturaleza del problema. Es solo la increíble complejidad de juntar todas esas piezas. La segunda cosa que lo hace muy complicado son las limitaciones de recursos. El nosegundo de un cohete es tan ancho que nuestras cápsulas de entrada tienen que caber dentro. Nuestros vehículos tienen que caber dentro de eso. Todas esas cosas apiladas una encima de la otra forzadas a estar en esta caja relativamente pequeña encima de un cohete. Y lo que es más, los cohetes solo pueden empujar tanto hacia el espacio exterior hasta que los cohetes se vuelven mucho más grandes. Hemos estado atrapados en este rango de unos pocos miles de kilogramos siendo empujados hacia Marte. La complejidad de un rover de Marte también se deriva de operar en el extraño entorno de un planeta alienígena. ¿No sería tan agradable usar su teléfono celular para controlar el rover? no podemos Todo lo que construimos en la Tierra está diseñado para vivir en aproximadamente una atmósfera terrestre. Dentro de esta maravillosa temperatura templada que tenemos en este planeta. Estamos protegidos por este campo magnético que desvía como un campo de fuerza de Star Trek partículas cargadas del espacio y del sol. Además, debido a que tenemos oxígeno hecho de nuestras plantas, ese oxígeno, a medida que llega a la parte superior de la atmósfera, produce ozono. Y esa capa de ozono es un filtro maravilloso contra la dañina luz ultravioleta. Marte no tiene esas características y debido a que está más lejos del sol, es mucho más frío. Lo que construimos para la tierra no está diseñado o no fue inventado. No evolucionamos en ese tipo de entorno. Entonces, la única forma de que tengamos éxito es construir un equipo especial que sea inmune a esos entornos y volar a Marte o traer la Tierra contigo. Como cuando envuelves tu vehículo dentro de un recinto térmico que al menos hace que el interior de la caja esté más cerca de la temperatura ambiente en lugar de -100 grados centígrados siempre que sea posible. Un rover de Marte tiene copias de seguridad conocidas como redundancias para ayudarlo a sobrevivir las dificultades esperadas, como cambios extremos de temperatura, pero también lo inesperado, ya que cada ruta que recorre un rover podría terminar con una sorpresa. Tienes que hacer cosas para asegurarte de que sobreviviría un par de años en Marte. La única forma de probar eso es colocar equipos duplicados a bordo y tener redundancia que permita que el vehículo avance y cumpla con los objetivos de su misión en presencia de cosas malas que suceden y se rompen. Y entonces tenemos que sobrediseñar, por lo general entre un 20% y un 50% si tenemos suerte. Para asegurarnos de que diseñamos para las incertidumbres del entorno y las certezas de nuestras propias metodologías de diseño y nuestros propios errores de diseño e incertidumbre en nuestra capacidad para fabricar estas cosas y operarlas. Rob está muy familiarizado con los errores que a veces se cometen al desarrollar estas complejas máquinas para Marte. Todos cometemos errores y, a veces, los errores son tontos. Probablemente, el daño de hardware más grande jamás infligido fue en Mars Pathfinder.

Entonces, Beetleshees y yo estábamos probando la secuencia de lanzamiento que prepararía a Pathfinder y Sojourner para el lanzamiento en el cohete Delta dos. Gran pequeño cohete, por cierto. Me encantan esos cohetes. Así que repasamos la secuencia. La nave espacial estaba en realidad en la esclusa de aire, y estaba sellada, por lo que era un lugar seguro para realizar pruebas y equipo de vuelo. Y si miraste dentro de la esclusa de aire, ¿cómo se ve la nave espacial? ¿Parece que está en la configuración de lanzamiento? Bueno no. Resulta que el módulo de aterrizaje estaba allí. El escenario de la tripulación estaba allí. El caparazón trasero estaba allí. Y teníamos todos estos cables saltando juntos para que el vehículo pensara que estaba en la configuración de crucero, pero en

realidad no era así. Todo estaba repartido como un espantapájaros en El mago de Oz. Mis piernas por allá, mis brazos por allá. Y estos cables de extensión les permiten pensar que todo está junto. Entonces, una de las primeras cosas que haces durante el lanzamiento es encender la bomba de encendido gratuito que mantiene fríos los componentes electrónicos. Entonces, esta es una de las técnicas más poderosas que hemos tenido para nuestra nave espacial: tener estas bombas confiables para aplastar los dedos y mantener el vehículo fresco. Porque el problema es que nuestro vehículo está tratando de evitar morir congelado en Marte. Sin embargo, en el camino a Marte, está envuelto dentro de un tetraedro de módulo de aterrizaje. Hay bolsas de aire alrededor de eso. Alrededor de las bolsas de aire está la cápsula espacial. Y todo esto puede calentarse mucho y tienes que sacar el calor de alguna manera y navegar en el camino a Marte. Y entonces hicimos que esta bomba hiciera eso por nosotros, bombear a los franceses. Así que Guy y yo encendimos la bomba y luego, instantáneamente, Larry sale fantástico con baja tecnología. Él dice, hey, ¿qué están haciendo ustedes? Este es un sonido extraño que proviene del escenario de crucero. Me acerco corriendo y la puerta de la esclusa de aire se abre. Pude asomar la cabeza y había un sonido horrible proveniente del escenario de crucero. ¿Qué? Ay dios mío. Esa es la bomba. Regresaría corriendo, gritándole a Guy, apague la nave espacial. Apague la nave espacial. Apágalo ahora. Ahora. Tengo que apagar. Lo mismo ocurre con el corte de emergencia de la energía. Y como hombre, aparentemente, a la bomba no le gusta que la enciendan. No contiene freón porque el vehículo está completamente separado. No pusimos nada de freón allí. Así que tuve mi punto de vista de una bomba. Como muchas bombas, simplemente puede encender la bomba y simplemente gira sin el freón. Pero esta bomba está diseñada específicamente para flotar en freón y necesita ese freón para su propia lubricación. no sabia eso Entonces, lo del agujero de hierro es que a la mañana siguiente, Pradeep Bhandari, un maravilloso ingeniero térmico, y Gosh Brewer, otro diseñador de esta cosa, estaban dando una presentación sobre el diseño del sistema de enfriamiento y la bomba. Pero no sabían que estábamos encendiendo su bomba. Pero a la mañana siguiente, por la clase que nos estaban dando, ciertamente sabían que estábamos encendiendo la bomba para ese momento. Pero para entonces ya habíamos destruido la bomba. Y la única forma de sacar la bomba es quitar todo el conjunto cortando los tubos y desgarrándolo. Afortunadamente, tenía un repuesto, pero tuvimos que soldar el repuesto nuevo y limpiar las líneas y enjuagar.

Eso fue un gran problema. Guy y yo estábamos, como, sosteniéndonos la cabeza. Esto es muy vergonzoso. Tan embarazoso. Así que esa fue una gran lección. Necesitas tener a las personas adecuadas en la sala. Cuando revisas algo, te aseguras de que las personas verifiquen dos veces y nosotros tres veces, y le preguntas a un millón de personas si está bien hacerlo. Ahora, cuando hago pruebas clave, insisto en que todas las personas clave estén ahí y que sepan cómo funciona el equipo. Rob también admite los errores cometidos con los rovers Spirit, Opportunity y Curiosity, donde los componentes electrónicos se frieron o los motores se sobrecalentaron hasta el punto de derretirse. La gente podría decir, bueno, dispara, tal vez deberíamos encontrar mejores ingenieros. Este grupo simplemente no lo está cortando. Pero todos estos son casos en los que tratamos de operar el vehículo fuera de su envolvente de diseño. Ese es casi siempre el caso cuando rompemos algo. Uno de los desafíos con prueba como si volaras, la expresión que usamos es que es realmente difícil hacer pruebas como si volaras porque estamos probando en este planeta y tú no las haces volar en este planeta. Así que tienes que ser muy consciente de todas las diferencias entre lo que estás haciendo en la Tierra y lo que sucederá en el espacio exterior. No los vehículos se quejaron tanto en tierra. La curiosidad era. ¿Qué? Un llorón. Ese rover se quejaba de todo. Mi radar está demasiado caliente. Esto es demasiado caliente. No me gusta aquí. La gravedad es demasiado fuerte. ¿Deberías simplemente callarte, por favor? La ironía es que tan pronto como la nave espacial está en el espacio, flotando en su maravilloso vehículo con aire acondicionado, libre y sin refrigeración sobre el peso de

Marte y luego en la superficie de Marte, es tan feliz. Estos vehículos están felices de estar en estos entornos en los que los colocamos porque los diseñamos para ser felices en Marte. No los diseñamos para ser felices en la Tierra. Diferentes bancos de pruebas pueden recrear las condiciones de Marte. Pero no todos los aspectos de Marte se pueden imitar perfectamente en la Tierra. Y no todos los procedimientos se pueden realizar dentro de los límites de un banco de pruebas. Entonces, un problema a veces puede permanecer oculto dentro del diseño, un secreto esperando que Marte lo revele. La falta de conciencia es parte de nuestro problema. A veces, el simple hecho de saber que el problema existe es el detalle más importante que necesitamos. Eso lo sufrimos en el mundo del paracaísmo. Pensamos que entendíamos los paracaídas, cómo funcionaban. Pero probamos estos paracaídas de unos 30 metros de diámetro que se acercaban a Mach Dos sobre el océano cerca de la isla de Hawái en Hawái, y estos paracaídas se destruyeron solos. Y eso fue una verdadera revelación. Y descubrimos lo poco que realmente entendíamos Pathfinder, Spirit, Opportunity, todas estas misiones, curiosidad. Habíamos estado asumiendo que la inflación del paracaídas se parecía mucho a la de la Tierra, excepto que un poco más rápido. Pero realmente no habíamos hecho mucho trabajo de análisis sobre lo que eso significaba. Una cápsula espacial que viaja de la Tierra a Marte adquiere mucha velocidad. Y en el momento en que llega a la parte superior de la atmósfera de Marte, la cápsula va alrededor de 13 0. La atmósfera marciana es solo un 1% más densa que la de la Tierra, pero aún se necesita un escudo térmico para evitar que la fricción del aire queme la cápsula espacial. Esa fricción de la entrada atmosférica también ayuda a reducir la velocidad de la cápsula, pero sigue yendo muy rápido cuando se abre el paracaídas. Y esta alta velocidad hace que el paracaídas se inflé en un abrir y cerrar de ojos. Cuando los paracaídas de prueba sobre Hawái se rompieron, alcanzando Mach Dos, o alrededor de 1300, los ingenieros tuvieron que reconsiderar lo que creían saber. Nos dimos cuenta de que nuestros paracaídas apenas funcionaban. Y lo que quiero decir con apenas, no lo sé. Pero no teníamos el margen en nuestro diseño y la fuerza del paracaídas que pensábamos que teníamos desde Pathfinder. Me di cuenta de que lo que pasó fue que nos habíamos engañado a nosotros mismos. Solíamos mostrar estas películas de baja resolución de estos paracaídas inflándose a los expertos en paracaídas, y las veíamos a velocidades que se ralentizaban y se inflaban en cámara lenta.

Se parece mucho a inflar un paracaídas en la Tierra en tiempo real. Todos estos expertos en paracaídas en sus cabezas, realmente no visualizaron mentalmente que la tela se movía más rápido que la velocidad del sonido. Y podría tener estos efectos de látilo. Y eso podría hacer que el paracaídas se rompa solo. Y aquí es donde los expertos en paracaídas nos reunimos después de estos fracasos y dicen, veámoslo de nuevo en velocidad real. Y pasa de no estar abierto al siguiente frame a boom abierto. Es como si hubiera ocurrido un milagro. Y dicen, está bien, no hacemos eso en la Tierra. Entonces, la clave aquí es usar la nación de tu imaginación y hacer preguntas. Y te involucras con personas que no son fáciles de convencer, personas que están dispuestas a criticar. Dices, oye, no pensaste en esto. Esta es una gran preocupación. Deberías preocuparte por esto. Las misiones a Marte tardan años en diseñarse y desarrollarse, pero en algún momento tienes que tomar decisiones finales e ir con lo que tienes. Cuando encontramos defectos en el diseño o cosas que no funcionan correctamente, escribimos un informe de falla del problema. Cuando estamos en vuelo, escribimos un informe de anomalía sorpresa de incidente. La idea es que estamos escribiendo constantemente estos descubrimientos mientras lo construimos, lo volamos y cuando descubrimos nuestras deficiencias, a menudo tratamos de arreglarlo. Pero más de la mitad de las veces encontramos formas de evitar esos defectos y vivir con ellos. ¿Por qué, podrías preguntar? Tenemos una fecha de lanzamiento. Marte es muy inhóspito en cuanto a la frecuencia con la que nos permite ir a Marte, solo viene cada 26 meses y, por eso, el tiempo corre. Si encuentras un defecto, tienes que preguntarte, ¿tengo tiempo para arreglarlo? ¿Y puedo arreglarlo de manera confiable y la solución

implicará más problemas que los problemas que estoy tratando de resolver? Y solo hacer esas preguntas en realidad lleva mucho tiempo en sí mismo. Pero lo que solemos hacer es, está bien, bueno, si va a ser un problema real, tenemos que arreglarlo. La cosa no va a funcionar sin que lo arreglemos. Pero aún deja una gran cantidad de idiosincrasias y defectos en el diseño, algunos de los cuales se descubren después de nuestro lanzamiento. ¿Cuál es aún más aterrador, verdad? Y afortunadamente, muchos de ellos son sobrevivientes, o puedes operar alrededor de ellos. Por el espíritu y la oportunidad. A medida que el reloj avanzaba hacia las fechas de lanzamiento, una revisión de sus destinos planificados en Marte generó una cascada de incertidumbres. El lanzamiento de los rovers estaba programado para el verano de 2003 para aprovechar una alineación especialmente cercana en las órbitas de la Tierra y Marte que acortaría su viaje entre los planetas. Spirit iba a dar el salto primero, así que esperábamos llevar Spirit a Goose of Crater y luego, tres semanas más tarde, llevar Opportunity a Meridiani Plenum. Y nuestra junta de revisión nos desafía. Oye, tienes un vehículo que se dirige a un lugar donde las rocas y las pendientes son tan peligrosas y los vientos son tan peligrosos que no sabes si puedes aterrizar de manera segura en Goose of Crater en este momento. Su diseño no lo corta. No puedes ir a Goose of Crater. Bueno, el equipo científico está como devastado porque esperaban ir a Goose of Crater debido a la ciencia clara del espacio de que alguna vez fue un lago lleno de agua. La alternativa para un espíritu era ir a un lugar donde sabemos que no había agua segura pero aburrida o razón equivocada para ir. El otro problema con Meridiani con el Opportunity es que estaba tan alto que no teníamos suficiente margen de tiempo para llegar a la superficie porque solo habíamos probado la presión dinámica de inflado del paracaídas hasta cierto límite en nuestras pruebas de túnel de viento. Entonces, realmente no teníamos los datos para demostrar que podíamos aterrizar de manera segura a esa gran altitud. Así que mi punto es, bueno, todavía está bajo el nivel del mar, Rob. No es tan alto.

Sé que todavía íbamos a llegar a lugares que están muy por debajo del nivel del mar. Cualquier cosa más alta que eso estaba completamente fuera de los límites de nuestro diseño. El nivel del mar en el Marte completamente seco se refiere a la altitud promedio alrededor del planeta. Todas las misiones a Marte de la NASA que se han lanzado en paracaídas a través de la atmósfera del planeta han aterrizado en las áreas más bajas posibles. Debe haber suficiente espacio aéreo entre el momento en que ingresa a la parte superior de la atmósfera y el momento en que toca el suelo para darle tiempo de reducir su velocidad de 13,000, casi cero para Spirit y Opportunity. Después de que se abriera el paracaídas y los cohetes retro ralentizaran aún más el descenso, las bolsas de aire se inflarían alrededor de la plataforma de aterrizaje que encerraba al rover. Luego, esta bola de airbag del módulo de aterrizaje del rover se soltaría del paracaídas y rebotaría sobre la superficie de Marte antes de detenerse. Los científicos e ingenieros pueden tardar meses de regateo en ponerse de acuerdo sobre dónde aterrizar una misión a Marte. El lugar perfecto tiene todas las cualidades necesarias para el sistema de aterrizaje y también tiene una geología o química interesante para que los científicos la estudien. Pero ahora, debido a que el equipo de ingeniería no había demostrado que podían manejar vientos más altos en goosey o la elevación más alta de los meridianos, estos lugares de aterrizaje acordados de repente estaban en duda. Entonces, teníamos dos vehículos que están en el cohete listos para partir, y no habíamos seleccionado oficialmente el lugar de aterrizaje para ninguno de ellos. ¿Entonces a dónde vas? Bueno, Raymond del nuestro para los dos. Excelente. ¿Dónde estás aterrizando? Bueno, todavía no lo sabemos exactamente. No hemos decidido. Es como, santo humo. Ahora, sabíamos que teníamos sitios de aterrizaje de respaldo. Hemos certificado que estamos a salvo. Pero los científicos dijeron, no, no va allí. Así que Steve Squires, el pi de la oportunidad espiritual, me imploró. Rob, tenemos que encontrar una manera de demostrar que podemos llegar a estos sitios de aterrizaje. Entonces dijimos, está bien, bueno, una cosa que hacemos para Meridiani, podemos regresar y probar el diseño del paracaídas como lo hicimos antes, pero probar en

condiciones de presión dinámica más alta para que podamos validar la apertura del paracaídas más alto, más rápido y demostrar que tenemos suficiente margen de tiempo para llegar a la superficie de Marte antes de tocar el suelo. Antes de que estuviéramos listos, dijo que sí. Vamos a hacer eso. Vamos a hacer eso. Entonces, comenzamos a probar los paracaídas después del lanzamiento. Bueno. Oh, ¿y el espíritu? Bueno, las ráfagas de viento fueron tan fuertes que ya habíamos hecho un montón de cosas para lidiar con los vientos. Hemos añadido cohetes. Teníamos una cámara para estimar la velocidad horizontal. Entonces, lo que necesitábamos era alguna forma de ajustar mejor el disparo de esos cohetes para combatir ese viento. Así que dijimos, está bien, estamos probando cohetes ahora. Mientras tanto, Dara Sabahi, que está trabajando en cuestiones mecánicas clave, dijo que tenemos que probar velocidades horizontales de mayor velocidad con bolsas de aire. No hemos demostrado que podemos aterrizar sobre rocas en el tipo de ángulos rasantes que estos cohetes nos van a dar. Así que dijimos, está bien, supongo que también estamos probando las bolsas de aire. Así que estamos probando bolsas de aire, cohetes y paracaídas después del lanzamiento. Le dices a la gente que, dicen, ¿qué? ¿Cómo funciona? Porque si estas pruebas fallan, tenemos un sitio de mezcla de respaldo que científicamente no es tan interesante como el lugar al que nos dirigimos. Y entonces todavía era seguro hacer el lanzamiento. Pero una vez que se realizaron estas pruebas, y lo hicimos todo el verano inmediatamente después del lanzamiento, mostramos los datos al comité de selección del grupo del sitio de aterrizaje y finalmente tuvimos pruebas. Y dijeron, sí, puedes ir a estos dos lugares. Y así, muy rápidamente, hicimos nuestro universo de corrección de trayectoria, cada uno, y los dirigimos a sus destinos finales.

Tenemos una cadena de superficie para la señal en caso de que estemos rebotando en la superficie de Marte. Esta es una muy buena señal. Tanto Spirit como Opportunity aterrizaron a salvo en los lugares deseados. Y debido a que estaban explorando lados opuestos del planeta, cada rover tuvo viajes muy diferentes. Pero también tuvieron experiencias diferentes, porque a pesar de ser gemelos que se construyeron uno al lado del otro, seguían siendo únicos, con rasgos personales y defectos que provenían de un millón de decisiones y acciones realizadas durante su construcción. Incluso si un rover de Marte pudiera construirse perfectamente, las ideas que dan forma a una misión también tienen margen de mejora. Por ejemplo, el rover Perseverance ahora está perforando Marte y recolectando núcleos de roca que pueden contener evidencia de vida pasada. Siempre que una futura misión planificada pueda traer esas muestras de Marte a la Tierra, Gentry cree que probablemente superarán las expectativas. Voy a hacer una predicción audaz en este momento de que después de que recuperemos las muestras y las estudiemos con la experimentación de laboratorio que tenemos disponible hoy, descubriremos que nuestro experimento y nuestras máquinas e instrumentos no son lo suficientemente buenos para responder a la pregunta. preguntas que queríamos tener y que tenemos que construir algo nuevo. Creo que hay un colapso fundamental en la mente humana que va más o menos así cuanta más información acumule, menos inseguro voy a estar. Y esa no es una declaración verdadera en general. Así que ahora tenemos enormes cantidades de información sobre Marte y eso nos guía en todo lo que hacemos. Y no nos detenemos lo suficiente para pensar en que tal vez no conozco realmente este hecho en particular. Voy a ir todo el camino de regreso a Viking. En Viking, llevamos tres instrumentos de biología y un experimento de química orgánica. Y dado que fue la primera misión en ir a Marte, tuvimos el grupo de científicos más premiado que puedes imaginar. Había dos ganadores del Premio Nobel y otros cinco o seis me explicaron por qué deberían haber ganado el Premio Nobel. Y diseñamos estos instrumentos basándonos en lo que Josh Letterberg, premio Nobel, dijo que era una actitud chovinista de la Tierra hacia cómo sería la vida en Marte. En otras palabras, buscamos cómo se vería la vida en la Tierra, asumiendo que si estuviera en Marte, se vería más o menos de la misma manera. ¿Y adivina qué pasó? Obtuvimos resultados ambiguos. Y cuando surgieron esas ambigüedades, no estábamos preparados para lidiar con lo que

significan las ambigüedades porque nunca habíamos pasado mucho tiempo preguntándonos qué pasaría si las respuestas son A, B y C y, por lo tanto, ambiguas. Así que el punto que estoy tratando de hacer aquí es que cada vez que pensamos que sabemos lo que estamos haciendo, surge algo que nos hace cambiar de opinión. Desde un punto de vista científico que se basa simplemente en el resultado de las condiciones atmosféricas peculiares del planeta, entonces estás bastante convencido, como científico, de que la inteligencia viva tal como la conocemos no existe en Marte. Digamos que las posibilidades en contra son de 1000 a uno. Y, sin embargo, ¿cómo se explican estas erupciones de gas que ocurren en la superficie del planeta a intervalos regulares? Phillips que no puedo explicar. Por cierto, profesor, para el beneficio de nuestros oyentes, los científicos vikingos dudaban tanto de la existencia de vida avanzada en Marte como el profesor Pearson, interpretado por Orson Wells en su radiodrama de 1938 La guerra de los mundos. En cambio, los experimentos de Viking fueron diseñados para probar el aire y el suelo marcianos en busca de cualquier evidencia de vida microbiana diminuta. Pero aún así, la incertidumbre general sobre las sorpresas que podrían esperar en Marte se ilumina con una historia que cuenta Gentry sobre el famoso astrónomo Carl Sagan, que está en el equipo Viking. Ahora. Hubo un tiempo en que habíamos planeado tener lámparas en la parte superior de los módulos de aterrizaje Viking que proporcionarían luz durante la noche para que pudiéramos ver lo que sucedía durante la noche.

Bueno, hoy no tiene mucho sentido cuánto cuestan esas lámparas, pero era mucho dinero y decidimos retirar las lámparas. Y nunca olvidaré que estábamos todos juntos en esta reunión. Y Carl se puso de pie, y de su manera más extravagante, dijo, oh, Dios mío, solo piensa en lo que dirán los seres humanos en el futuro cuando descubran que hemos apagado las luces en Marte. Y todos los días es posible que cuando salga el sol, nuestras cámaras vean estas pequeñas huellas en el suelo marciano de los animales nocturnos que no vimos. Cancelamos las lámparas. Carl puede haber estado exagerando para lograr un efecto dramático, pero Gentry quedó impresionado por su capacidad para hacer que incluso los conceptos más técnicos fueran emocionantes y, al hacerlo, arrojar una luz en la oscuridad. Un día, poco después de que ambos módulos de aterrizaje Viking hubieran llegado a salvo a Marte, Carl dijo que estaba frustrado por cómo las noticias no lograban captar la emoción de la misión. Como solución, Gentry sugirió que hicieran una serie de televisión sobre la exploración espacial. Y él dijo, ¿cómo harías eso? No sabes nada sobre cómo hacer una serie de televisión. Y sonréí, y yo era un joven engreído, tengo que decir, y pedir disculpas a cualquiera que se haya ofendido por mi inmodestia a la edad de 34 años. Dije, no sabía nada sobre aterrizar una nave espacial en Marte hace siete años. , y lo hicimos dos veces. Entonces, el día después de Navidad, en 176, en mi patio trasero junto a mi piscina, Carl y yo esbozamos juntos, en un período de cuatro horas, 13 episodios de una serie de televisión. Y ese tiempo se llamó hombre y el Cosmos que luego se convirtió en Cosmos. Y así comencé el trabajo de tratar de venderlo. Y tuve muchas buenas respuestas, pero nadie se inscribió. En la línea de puntos. Acabo de hacer la pregunta contundente, ¿qué detiene a la gente? Y finalmente, Kcet, la estación de PBS en Los Ángeles, dijo, tus ideas son geniales, pero no creen que tú y Carl sepas nada sobre cómo hacer un programa de televisión. No tienes ningún profesional de la televisión. Dije, bueno, eso es fácil. Voy a contratar uno. Así que hice mi investigación. Observé programa tras programa y decidí que el mejor candidato para ser nuestro director y productor ejecutivo era un hombre llamado Adrian Malone, que acababa de terminar el mismo trabajo en The Asset of man de Jacob Brunowski. Y así lo llamé. Dije que estás en Londres. Estamos en California. ¿Por qué no nos encontramos en Nueva York y hablamos de la posibilidad? Carl y yo volamos a Nueva York y nos conocimos. Aceptó hacerlo. Muy poco tiempo después, todos los patrocinadores se inscribieron y partimos. Y nos lo pasamos de maravilla haciendo esa serie de televisión. Y como estoy seguro que todos saben, ganó muchos premios Emmy. Se ha mostrado en 60 países. El libro estuvo en la lista de los más vendidos durante dos años

y medio, etcétera, etcétera. Fue una experiencia increíble. La propia historia de origen de Gentry también comenzó en Nueva York.

Nací en la ciudad de Nueva York en marzo del 42. Y vivía en casas adosadas. 75 2160 7th street en Queens, Nueva York. Todavía recuerdo saltar de azotea en azotea con mi vecino de al lado, Brucey extram. Y mi padre trabajó toda la noche para Associated Press. Y decidió que no era un buen trabajo. Y tomó un trabajo como profesor de periodismo en la Universidad de Texas en Austin. Así que estuve en Austin, Texas, durante muchos, muchos años. Comenzaron a notar algo en mí que era inusual. Y comencé a tomar cursos en la universidad a una edad muy, muy joven. Así que ahí fue donde hice mi trabajo de pregrado. Y luego fui al MIT para graduarme y fui a la Universidad de Glasgow en Escocia. Pero decidí que ya había tenido suficiente de ser pobre y que no quería quedarme el tiempo suficiente para obtener un doctorado. Y recuerdo caminar por la playa y preguntarme, está bien, ahora tengo muchas opciones con lo que hago con mi vida. ¿Qué podría hacer que tuviera el metal más histórico y me diera la mayor satisfacción en términos de las cosas que más amo en la vida? Y el aprendizaje es una parte muy importante de eso. Y yo dije, bueno, eso está claro. Estamos a punto de embarcarnos en la exploración del sistema solar. Será la primera vez que los humanos lo hagan. Y representa una época en la historia humana no muy diferente de lo que sucedió cuando los exploradores descubrieron de qué se trataba el mundo. Así que dije, eso es lo que voy a hacer. Así que me fui y comencé mi carrera en la industria aeroespacial. Yo estaba en Lockheed Martin. Escribí parte de la propuesta de Viking y luego trabajé en Viking durante siete años. Después de que Viking aterrizó con éxito en Marte, JPL se me acercó con una oferta que no pude rechazar para comenzar a trabajar en JPL, y pude participar en toda la estimulación, todo el desafío de construir una nave espacial, ir y responder preguntas, algunas de las cuales Ni siquiera sabíamos cómo preguntar. Hace unos años, antes de dejar la universidad para explorar el universo, las experiencias de Gentry como estudiante lo llevaron a una conclusión sorprendente. Tuve un despertar muy desagradable cuando fui a la escuela de posgrado en el MIT. ¿Ver? Me gradué de la Universidad de Texas en Austin con todos los premios y honores que puedes tener. Y aún no tenía 21 años, y pensé erróneamente que había una posibilidad de que pudiera ser la persona más inteligente del mundo. Por supuesto, estaba completamente equivocado. Y fui a la escuela de posgrado en el MIT, y aprendí, oh, Dios mío, hay muchas otras personas que son tan inteligentes, tal vez incluso más inteligentes que yo. ¿Cómo voy a hacer mi camino en la vida? Y me di cuenta de que la única forma en que eso sucedería sería si desarrollaba otras habilidades además de la ciencia y la ingeniería. Las habilidades de comunicación, escribir, hablar, unir a las personas, comprender la naturaleza humana y todas esas cosas me servirían igual de bien en un campo de equipo que mis conocimientos de ciencia e ingeniería. Y he hecho muchas conexiones profundas con personas a lo largo de mi carrera porque hemos trabajado juntos para resolver problemas difíciles y desafiantes. Una de esas conexiones dio lugar a una colaboración con el escritor de ciencia ficción Arthur C. Clarke.

En 1986, un amigo mío quería involucrar a Arthur Clark en una película, pero le dijeron que Arthur no lo vería a menos que trajera a alguien de interés para Arthur. Entonces el tipo me llamó y me dijo: ¿Irás a Sri Lanka conmigo? Porque Arthur vivía en Sri Lanka. Y dije, está bien. ¿Por qué no? Yo haré eso. Esto parece una oportunidad para una aventura de un tipo u otro. Así que nos fuimos a Sri Lanka. Y para acortar la historia, Arthur no tenía ningún interés en la película. Pero Arthur y yo cenamos juntos y él dice que tienes una mente muy interesante. Él dice, ¿alguna vez has pensado en escribir ficción? Y dije, sí, escribí ficción cuando estaba en la universidad, y desde entonces llevo un cuaderno lleno de ideas. Y entonces dijo: Cuéntame una idea. La idea de la historia de Gentry condujo a discusiones más profundas que eventualmente se convirtieron en un libro llamado Cradle.

Los dos también trabajaron juntos en las secuelas de la novela *Rendezvous with Rama* de Arthur. ¿Y cómo trabajábamos? Bueno, yo hice toda la escritura y él trabajó conmigo en todas las ideas de la trama. Entonces volaría a Sri Lanka. Pasaríamos una semana o diez días juntos. Luego volvía y escribía y le enviaba cosas para editar, y luego volvíamos y trabajábamos en más tramas. Y esa fue la forma en que lo hicimos. Y nunca en mi vida he conocido a un ser humano con tantas ideas como Arthur C. Clarke. Era un genio colosal. Ya sabes, inventó los satélites de comunicación. Escribió un artículo con la Sociedad Interplanetaria Británica en 1948, señalando que había lugares donde las naves espaciales podían estar en órbita sobre la Tierra y permanecer allí y que podían usarse para comunicaciones. Si hubiera patentado esa idea, habría sido multimillonario. Pero trabajar con él fue una emoción tan asombrosa. Soltaba diez ideas en una noche de las que nunca antes había oído hablar. Ocho de ellos serían disparatados, uno de ellos sería realmente doloroso. Y uno de ellos, tendría que respirar hondo y decir, oh, Dios mío, eso es tan brillante. Es increíble. Estaba tan lleno de ideas para las cosas que podrían suceder. Ahora, *Poppycock* es quizás demasiado fuerte. ¿Qué tal no plausible? De hecho, cuando Arthur y yo comenzamos a escribir ciencia ficción, tuvimos que llegar a un conjunto general de pautas y políticas que ambos acordamos. Y lo que decidimos que era una declaración justa de nuestro enfoque era que cualquier cosa sobre la que escribimos no tenía que ser inverosímil, lo que significa que podría ser posible que la ciencia y la ingeniería funcionaran. Y así escribimos *Cradle* y las tres novelas de *Ramen*.

Ahora tenemos extraterrestres en nuestras novelas, y algunas personas me han dicho que eso no es plausible. Pero cada extraterrestre que describimos en todos los libros tiene una historia de fondo que no es inverosímil. Las misiones de la NASA a menudo pueden parecer ciencia ficción apenas plausible hasta que los ingenieros y científicos logran llevarlo a cabo. Pero incluso los fracasos de las misiones son una parte necesaria del éxito, porque eso indica dónde se necesitan mejoras. Como escribió Arthur C. Clarke, la única forma de descubrir los límites de lo posible es aventurarse un poco más allá de ellos hacia lo imposible. Cada misión se basa en las lecciones del pasado, pero también tiene como objetivo extenderse más allá de lo que hemos hecho antes y, por lo tanto, a menudo encuentra nuevas preguntas y respuestas. Las incertidumbres a las que se enfrentan los rovers de Marte pueden parecer abrumadoras e incluso peligrosas. Pero después de que dejan la Tierra, no están completamente solos, porque los guiamos cuidadosamente a lo largo de su viaje. Pero Gentry dice que eso podría cambiar en el futuro. Envíe un robot a Marte, pero controle cuidadosamente todo lo que hace y dígale qué hacer a continuación. Paso a enviarlo a Marte por su cuenta. Sería mucho más trabajo en el desarrollo. Simplemente sería menos trabajo cuando vuelas. Y podríamos hacer eso ahora mismo con una misión en órbita alrededor de la Tierra. No sería tan difícil. Y he estado totalmente a favor de construir una nave espacial completa que enviamos con el orden más alto de instrucciones, haz una B, y esto es lo que tienes que puedes usar para hacerlo. Cuéntanos qué decidiste hacer y por qué y qué descubriste. Adiós. ¿No sería divertido? ¿Te imaginas lo divertido que sería? Pero cada vez que digo que es hora de hacer eso, dicen, no estamos listos. No estamos listos. ¿Y lo es? Me pregunto. Algo sobre los seres humanos a los que les gusta creer que son esenciales. Ahora, eso es lo que sucederá en algún momento en el futuro. Si construimos naves espaciales interestelares, estarán tan lejos de nosotros que nuestra capacidad de interactuar con ellas será casi inútil. Entonces, tendremos que decirles cuál es su misión, cuáles son sus instrumentos, las diferentes formas en que podrían desplegarlos, y luego enviarán los datos y los recibiremos mucho después de que sus misiones hayan sido cumplidas o no, dependiendo de cuán inteligentes hayamos sido al construirlos.

Todas las naves espaciales, incluidos los rovers de Marte, son tan inteligentes, defectuosas y vulnerables como los humanos que las fabricaron. Y tal vez esa es parte de la razón por la que puede

ser agridulce dejarlos ir. Pero cuando llega el momento, deben ir para triunfar o fracasar, porque para eso fueron creados. La tecnología avanzada de exploración de Marte puede no parecer indistinguible de la magia, parafraseando otra cita de Arthur C. Clark. Pero Rob Manning practica su propia tradición encantadora para deseárselos adiós y buena suerte a los rovers. Cuando Pathfinder salió del JPL, lo subimos a un camión y pasamos por la puerta principal. fue de noche A menudo salimos de noche para evitar el tráfico. Y estaba destinado al largo viaje por la Interestatal Diez hasta Florida antes de que nos fuéramos. Oigan, muchachos, tenemos que hacer una despedida. Hagamos ruido. ¿Por qué tener una matraca y traer mi trompeta? Podría jugar a Saints Go marchando. Perfecto. Sí. Vamos. Así que pasamos el rato afuera de la puerta principal con un pequeño grupo de personas, y saqué mi trompeta. En medio de la noche, comencé a soplar, me enviaron un cohete para verlo funcionar. Mientras tanto, el conductor del camión nos miró y puso los ojos en blanco como, oh, sí, estos locos. Entonces hice ese Pathfinder, y luego no lo hice para Mars Polar Lander y no funcionó. Así que dije, bueno, tal vez debería tocar mi trompeta cuando Spirit y Opportunity se fueran. Así que hice lo mismo con Spirit y Opportunity, y luego lo hice de nuevo con Curiosity. Y luego lo hice de nuevo por perseverancia. ¿Como es que? Vaya Estamos en una misión. Un podcast del Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA. Si te gusta este episodio, síguenos y califícanos en tu plataforma de podcast favorita. Y asegúrese de ver los otros podcasts de la NASA. Todos ellos se pueden encontrar en la NASA. Podcasts de punto gov slash.